

كلية الصيدلة
السنة الرابعة
2024-2025



كيمياء الأغذية ومراقبتها

القسم النظري

مدرس المقرر:
د.ياسر الروح

مقرر كامل





المحاضرة الأولى

المواد السكرية

Carbohydrates

لمحة عامة

تعتبر المواد السكرية (والتي يرمز لها اختصاراً CHO) من أكثر المركبات المغذية أهمية وهي تلعب العديد من الأدوار أهمها:

- مصطر للطاقة ولمخازن الطاقة.
- دور بنيوي في الجدر الخلوية النباتية.
- جزء من تكوين DNA و RNA من خلال السكاكر الفوسفاتية.
- جزء من البنى الدسمة والبروتينية (غليكوبروتينات وغليكوليبيدات) وخاصة في الأغشية الخلوية، حيث أنها تعتبر من المكونات الضرورية للاستهداف الخلوي.

تشكل المواد السكرية العديد من المركبات التي تصنف بناء على حجمها (درجة تماثرها DP) إلى: سكاكر بسيطة simple carbohydrates أحادية وثنائية DP 1-2 وقليلات سكاكر oligosaccharides DP 3-9 أهمها (raffinose الذي يتألف من غالاكتوز وغلوكوز وفركتوز والذي يتواجد في بعض الخضروات مثل الملفوف والبروكولي والحبوب الكاملة، و stachyose الذي يتألف من جزيئتي غالاكتوز وجزيئة غلوكوز وفركتوز ويتواجد في البقوليات وكلاهما غير قابل للهضم عند الإنسان) وعديدات سكاريد polysaccharides DP>9.

تتأثر الخواص الفيزيوكيميائية للمواد السكرية وطريقة هضمها بتركيبها من السكاكر الأحادية وطبيعة الروابط بينها.

Table 5.1 Classes of food carbohydrates and their likely fates in the human gut

Class	DP	Example	Site of digestion	Absorbed molecules
Monosaccharides	1	Glucose	Small bowel	Glucose
	1	Fructose	Small bowel'	Fructose
	2	Sucrose	Small bowel	Glucose + fructose
	2	Lactose[b]	Small bowel	Glucose + galactose
Oligosaccharides	3	Raffinose	Large bowel	SCFA
	3-9	Inulin	Large bowel	SCFA
Polysaccharides	>9	Starches	Predominantly small bowel[c]	Glucose
	>9	Nonstarch polysaccharides	Large bowel	SCFA

تعتبر الروابط ألفا أسهل للهضم بينما تكون الروابط بيتا أصعب للهضم عند الإنسان حيث يتميز اللاكتوز والألياف الغذائية بأن طبيعة الروابط بين جزيئاتها هي من النوع بيتا.

منذ الولادة توفر المواد الكسرية الوارد الأساسي للطاقة في الجسم، حيث يوفر حليب الأم حوالي 40% من الوارد الحروري للرضيع من خلال محتواه من اللاكتوز. وتعتبر الأغذية النباتية والحليب ومشتقاته المورد الرئيسي للمواد السكرية في حمية الإنسان.

تصنف المواد السكرية إلى glycemic carbohydrates وهي المواد السكرية التي يتم هضمها وحلمهتها إلى السكريات الأحادية المكونة لها ومن ثم امتصاصها من الأمعاء الدقيقة وهي تساهم في رفع مستويات غلوكوز الدم وإلى مواد سكرية non-glycemic carbohydrtes.

مدرس المقرر د ياسر الروح

تتحول كل المواد السكرية القابلة للامتصاص إلى غلوكوز وغالاكتوز وفركتوز يتم امتصاصها إما عبر نواقل SGLT1 بواسطة مضخة الصوديوم-بوتاسيوم (غلوكوز وغالاكتوز)، أو عبر نواقل متخصصة GLUT2 للفركتوز. وتصل قدرة جسم الإنسان على امتصاص المواد السكرية حتى 10 كغ باليوم أي تعتبر قدرته غير محدودة على امتصاص المواد السكرية. يستعمل الجسم الفركتوز بشكل أسهل من استعماله للغلوكوز نظراً لتجاوزه للمرحلة المنظمة لعملية تحلل الغلوكوز وفق الشكل.

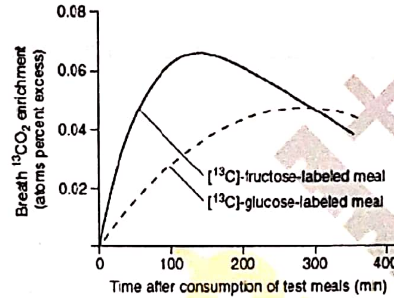


Figure 5.2 Enrichment of breath $^{13}CO_2$ following ingestion of high-sucrose test meals labeled with [^{13}C]-fructose and [^{13}C]-glucose. (Redrawn from Daly *et al.* 2000, with permission of the American Society for Nutrition.)

وبشكل عام فإن امتصاص المواد السكرية يتبع بعض العوامل أهمها:

- عوامل تخص المادة الطعامية.
- حجم الجزيئات السكرية.
- نسبة الأميلوز -أميلوبكتين في النشاء.
- محتوى الغذاء من المواد الدسمة.
- وجود بعض المثبطات الإنزيمية في الطعام.
- مضغ الطعام.
- سرعة التفريغ المعدي.
- زمن العبور المعوي.

يستعمل الجسم السكاكر الأحادية التي وصلت إلى الدم عبر تحلل الغلوكوز glycolysis أو عبر حلقة حمض الليمون Krebs cycle لتوليد ATP والحرارة، أما الفائض عن حاجة الجسم فيخزن على شكل غليكوجين أو يتحول إلى دهون.

يعتبر الغلوكوز من المواد الغذائية الضرورية خاصة أن بعض أعضاء الجسم تيتمد طاقتها من الغلوكوز فقط مثل الدماغ وخلايا الدم الحمراء، فمثلاً يحتاج الدماغ يومياً إلى وارد من الغلوكوز 120 غرام/يوم. لذلك وفي حالات الصيام الطويلة يحدث ما يعرف باسم gluconeogenesis كسبيل لتوليد المواد السكرية من مصادر لاكربوهيدراتية (البيروفات، اللاكتات، الغليسيرول، بعض الحموض الأمينية أهمها الألانين).

فكرة عن المشعر الغلوكوزي Glycemic index والتحميل الغلوكوزي Glycemic load

المشعر الغلوكوزي Glycemic index

ما هو المشعر الغلوكوزي Glycemic index؟

عندما يتناول الإنسان المواد السكرية فإن الجسم يستقلبها إلى الغلوكوز، والذي يعتبر المصدر الرئيسي للطاقة في الجسم. يعتبر المشعر الغلوكوزي Glycemic index (GI) مؤشراً رقمياً يساعد على تصنيف المواد الكربوهيدراتية بناءً على سرعة تحولها إلى غلوكوز في الجسم، وقد وضع هذا المؤشر سنة 1980 لمساعدة مرضى السكري على ضبط مستوى غلوكوز الدم لديهم. تتميز المواد الغذائية ذات المشعر الغلوكوزي المرتفع بقدرتها السريعة على رفع مستويات الغلوكوز الدموية مما يؤدي إلى ارتفاع سريع في مستويات الأنسولين وبالتالي انخفاض سريع في مستويات الغلوكوز.

يتم وضع قيم المشعر الغلوكوزي بالاستناد إلى الغلوكوز كقيمة مرجعية تأخذ الرقم 100. ومع ذلك فإنه لا يمكن التنبؤ بقيمة المشعر الغلوكوزي للمادة الغذائية بسهولة.

إذا طُلب منك التنبؤ بقيمة المشعر الغلوكوزي لكل من حبة تفاح وحبة بطاطا مسلوقة قد يخطر لك أن المشعر الغلوكوزي لحبة البطاطا أقل لأنها تحتوي على النشاء بينما تحتوي حبة التفاح على سكريات بسيطة، إلا أن الأرقام الحقيقية للمشعر الغلوكوزي لكلا الطعامين مختلفة تماماً عما توقعت. إذ إن ما يحدد قيمة المشعر الغلوكوزي للمادة الطعامية هو ليس فقط طبيعة المادة السكرية الموجودة فيه بل أيضاً طريقة تحضير الطعام ومحتواها من الألياف الغذائية والمواد الدسمة. كما أنه يجب الانتباه إلى أن أغلب المواد الغذائية يتم تناولها ضمن وجبة طعام متكاملة تحوي العديد من المواد الغذائية مما سوف يؤثر حكماً في قيمة المشعر الغلوكوزي للمادة الغذائية.

قيم المشعر الغلوكوزي بين 0-100، حيث تملك المواد الغذائية القادرة على رفع مستويات غلوكوز الدم بسرعة قيماً مرتفعة للمشعر الغلوكوزي، ويستعمل محلول الغلوكوز أو الخبز الأبيض كسائل عياري يملك وقيمة GI تساوي 100.

تقسم قيم المشعر الغلوكوزي في ثلاث مجموعات:

المواد الغذائية ذات قيم GI المنخفضة: 1-55.

المواد الغذائية ذات قيم GI المعتدلة: 56-69.

المواد الغذائية ذات قيم GI المرتفعة: 70 أو أكثر.

ولتفسير ذلك نذكر مثالاً عن قيمة المشعر الغلوكوزي للجزر والتي تبلغ 35. فإذا تم تناول كمية من الجزر تحوي 50 غرام مثلاً من الكربوهيدرات (عدا كمية الألياف الغذائية) القابلة للهضم سوف يحدث ارتفاع في مستوى غلوكوز الدم بمعدل 35% فقط من ارتفاعه بعد تناول نفس الوزن (50 غرام) من الغلوكوز النقي ذي القيمة المعيارية 100. وبمعنى آخر، فإن الجزر لن يرفع مستوى سكر الدم بشكل كبير، وهو أمر جيد ومرغوب.

تُحدّد قيم المشعر الغلوكوزي تجريبياً عن طريق إعطاء الشخص كمية محددة من الطعام بعد امتناعه عن تناول الطعام طوال الليل، ويتم بعدها سحب عينات من الدم بفواصل زمنية محددة ومعايرة مستوى غلوكوز الدم.

ما أهمية المشعر الغلوكوزي؟

ينظم الجسم مستويات الغلوكوز ويحافظ عليها ثابتةً من أجل الحفاظ على الأداء الأمثل لمختلف الوظائف الحيوية، وتتم هذه العملية بتأثير هرمونين يفرزهما البنكرياس هما الإنسولين Insulin والغلوكاغون Glucagon. حيث يتم إفراز الإنسولين لدى ارتفاع تركيز الغلوكوز في الدم، ويقوم بنقل الفائض منه إلى خلايا الجسم لتخزينه إما في الكبد على شكل غليكوجين Glycogen أو تحويله إلى دُسم تتراكم في مختلف الأنسجة الدهنية. أما هرمون الغلوكاغون فيقوم بتحرير الغلوكوز من مخازنه الكبدية استجابةً لانخفاض تركيزه الدموي، ويساعد التنسيق بين عمل هذين الهرمونين على المحافظة على مستويات ثابتة لسكر الدم.

عندما ينخفض مستوى الغلوكوز في الدم يشعر الإنسان بالجوع، أما إذا ارتفع مستواه فإن الدماغ يرسل إشارات إلى البنكرياس من أجل إفراز كميات إضافية من الإنسولين ليعمل على نقل الغلوكوز إلى الخلايا وخفض مستواه في الدم. تكمن المشكلة في الارتفاع السريع لمستوى سكر الدم والذي يؤدي إلى إفراز كميات كبيرة جداً من الإنسولين وبالتالي انخفاض مستوى الغلوكوز في الدم بشدة، لماذا يعتبر ذلك مشكلة؟ لأن الإنسان سوف يشعر بارتفاع في مستوى الطاقة والمزاج بعد تناول الأغذية التي ترفع مستوى سكر الدم بسرعة، إلا أن ذلك سيكون متبوعاً بازدياد في كمية الشحوم المخزنة وشعور سريع بالجوع.

يعتبر مرضى السكري أكثر الأشخاص عرضةً لهذه الآثار السلبية نظراً لأنهم غير قادرين على إفراز كميات كافية من الإنسولين، أي أنهم لا يستطيعون نقل الغلوكوز بكفاءة عالية إلى الخلايا، مما يؤدي إلى ارتفاع شديد في مستوى غلوكوز الدم.

من هنا تأتي أهمية التعرف على المشعر الغلوكوزي لمختلف المواد الغذائية وذلك بهدف تجنب الاضطرابات المرتبطة بالإنسولين من خلال الابتعاد عن المواد الغذائية التي تملك قيماً مرتفعة للمشعر الغلوكوزي والتي تتميز بتأثير كبير على سكر الدم.

هل تكون قيم المشعر الغلوكوزي ثابتة؟

يمكننا القول أن المشعر الغلوكوزي هو نقطة بداية نظرية لتقييم المادة الغذائية التي نتناولها. عملياً، تتأثر قيم المشعر الغلوكوزي للوجبة بالعديد من العوامل أهمها:

- طريقة التحضير: تؤدي المواد الدسمة والألياف الغذائية والحموض (مثل عصير الليمون والخل) إلى خفض قيمة المشعر الغلوكوزي.

  بالمقابل، فإن طبخ الأطعمة النشوية (مثل المعكرونة) لفترة طويلة يؤدي إلى ارتفاع المشعر الغلوكوزي.
- نضج الثمار: تزداد قيمة المشعر الغلوكوزي بزيادة النضج.
- الأطعمة التي يتم تناولها في نفس الوقت: يمكن خفض المشعر الغلوكوزي للوجبة ككل عند تناول مادة غذائية مرتفعة المشعر الغلوكوزي مع مواد غذائية أخرى تملك قيماً منخفضة للمشعر الغلوكوزي.
- كذلك فإن العمر، والنشاط الفيزيائي، وسرعة عملية الهضم جميعها عوامل تؤثر في كيفية تعامل الجسم مع المواد الكربوهيدراتية.

يجب الانتباه إلى أن المشعر الغلوكوزي ليس المسبب الوحيد لارتفاع غلوكوز الدم، بل إن كمية الطعام المتناولة تلعب دوراً رئيسياً في ذلك أيضاً. ومن هنا جاء الربط بين المشعر الغلوكوزي وكمية الطعام المتناولة من خلال ما يعرف بالتحميل الغلوكوزي Glycemic load.

كيفية حساب GI للمادة الغذائية...

يتم ذلك بالعمل على متطوعين أصحاء بحيث يتم إعطاء الشخص 50 غرام من الغلوكوز أو كمية من المادة الغذائية المراد تحديد GI لها والحاوية على 50 غرام من الكربوهيدرات. يتم بعدها سحب عينة من الدم ومعايرة الغلوكوز بفواصل زمنية محددة. يتم أولاً حساب AUC الناتج عن تناول الغلوكوز و AUC الناتج عن تناول المادة الغذائية ويطبق القانون التالي:

$$GI = (iAUC_{test\ food}/iAUC_{glucose}) \times 100$$

أما عن طريقة حساب GI لوجبة غذائية متكاملة فيتم باستعمال العلاقة التالية:

$$Meal\ GI = [(GI \times amount\ of\ available\ carbohydrate)_{Food\ A} + (GI \times amount\ of\ available\ carbohydrate)_{Food\ B} + \ldots]/\ total\ amount\ of\ available\ carbohydrate$$

إلا أن هذه الطريقة تعاني من العديد من السلبيات أهمها تأثير عملية الطهو والعمليات التصنيعية المختلفة التي يخضع لها الطعام ودرجة النضج وغيرها من العوامل الفردية.

التحميل الغلوكوزي Glycemic load

يعاني استعمال المشعر الغلوكوزي Glycemic index من العديد من السلبيات، أهمها أن المشعر الغلوكوزي لا يأخذ بعين الاعتبار كمية الطعام التي يتم تناولها. حيث يتم تحديد المشعر الغلوكوزي من خلال إعطاء الشخص كمية من الطعام تحوي 50 غرام من المادة السكرية (عدا كمية الألياف الغذائية) ومقارنتها مع 50 غرام من الغلوكوز . يكون هذا الأمر صحيحاً في بعض الحالات فمثلاً يحوي كوب من الأرز على 50 غرام من المواد السكرية، إلا أن الشوندر مثلاً يملك قيمة مشعر غلوكوزي تعادل 64 لكن لا يحوي الكوب الواحد (وهي الكمية التي يمكن تناولها خلال الوجبة الواحدة) إلا على 13 غرام من المواد السكرية، وبالتالي للوصول إلى المشعر الغلوكوزي النظري وحدوث الارتفاع الشديد لغلوكوز الدم التالي للطعام لابد من تناول أربع أكواب من الشوندر .

لذا تم استبدال المشعر الغلوكوزي بما يعرف بالتحميل الغلوكوزي Glycemic load، وهو باختصار عبارة عن صيغة تستعمل لتصحيح الأخطاء الناتجة عن استعمال المشعر الغلوكوزي وذلك من خلال أخذ الكمية التي يتم تناولها، إلى جانب المشعر الغلوكوزي الخاص بالمادة الغذائية، بعين الاعتبار .

حيث يتم الحصول على التحميل الغلوكوزي من خلال ضرب كمية المواد السكرية (الكربوهيدرات) الموجودة في المادة الغذائية بقيمة المشعر الغلوكوزي GI لها، ويقسم الناتج على 100. فمثلاً لحساب التحميل الغلوكوزي لكوب من الشوندر يتم إجراء الحساب التالي:

13*64=832 وبالتالي يكون التحميل الغلوكوزي للشوندر هو 8.3.

وبشكل عام تقسم قيم التحميل الغلوكوزي إلى ثلاث مجموعات:

قيم مرتفعة أعلى من 20.

قيم متوسطة بين 11-19.

قيم منخفضة أقل من 10.

كيف يمكننا إذاً الاستفادة من التحميل الغلوكوزي؟

يعتبر التحميل الغلوكوزي هاماً بشكل خاص للأشخاص الذين يعانون من داء السكري، وذلك لمعرفة نوع وكمية الغذاء الأفضل لهم من أجل الحفاظ على مستويات الغلوكوز في الدم ضمن الحدود الطبيعية.

يتطلب الحصول على التحميل الغلوكوزي إجراء بعض العمليات الحسابية ومعرفة كمية المادة الغذائية التي يتم تناولها، وهذا لا يعتبر بالأمر السهل خاصة عندما يكون الحديث عن وجبة طعام مكونة من أكثر من مادة غذائية. لذلك وللحصول على حمية غذائية منخفضة التحميل الغلوكوزي يمكن اتباع بعض الخطوات البسيطة:

- تناول الحبوب الكاملة، والمكسرات غير المحمّصة، والبقوليات، والخضار غير النشوية، والفواكه منخفضة المشعر الغلوكوزي.
- تجنب قدر الإمكان تناول الأطعمة السكرية مثل السكاكر ، والحلويات، والمشروبات المحلاة.

Non-glycemic carbohydrates

وهي المواد السكرية التي تجتاز الأمعاء الدقيقة دون هضم لتصل إلى الأمعاء الغليظة لتتحطم بشكل جزئي أو كلي بفعل التخمر . حيث سبق هذا التصنيف تصنيف آخر قسم المواد السكرية إلى سكريات متوفرة available وإلى سكريات غير متوفرة unavailable، أي سكريات متوفرة للاستقلاب وأخرى غير متوفرة للاستقلاب إلا أن الانتقاد الذي وجه لهذا التصنيف أن السكريات التي تصل إلى الكولون تعاني من تخمر وبالتالي قد تساهم في العمليات الاستقلابية في الجسم بآليات أخرى مختلفة. لذلك جاء تصنيف FAO ليغير التسمية إلى glycemic and non-glycemic carbohydrates.

تصنيف المواد السكرية التي تصل إلى الكولون...وتصنف وفق خواصها الفيزيولوجية أو الكيميائية.

أولاً: وفق الخواص الفيزيولوجية...تصل بعض المواد السكرية إلى الكولون للأسباب التالية:

- عدم توفر النواقل المتخصصة للسكاكر الأحادية أو أنها لا تعمل بالسرعة الكافية.
- عدم توفر الإنزيمات اللازمة لإتمام عملية الهضم.
- عدم إمكانية وصول الإنزيمات إلة الكربوهيدرات في الأمعاء الدقيقة.
- أو أن الإنزيمات المتوفرة لا تستطيع إنجاز عملية الهضم خلال الوقت اللازم لحدوث الامتصاص.
- بعض المواد السكرية تعتبر Non-glycemic بشكل دائم لأن الإنسان لا يملك الإنزيمات الضرورية لهضم هذه المواد السكرية.
- بعض السكاكر كالسكاكر الكحولية لا تملك ألفة أو ألفتها ضعيفة للنواقل المعوية.
- بعض الحالات المرضية مثل عوز خميرة اللاكتاز.
- يختلف هضم النشاء وفقاً لنضج الثمار (الموز، يكون هضم النشاء صعب في الموز قليل النضج وتزداد قدرة الجسم على هضمه مع تطور النضج) أو طريقة طهو الطعام.

ثانياً: وفق الخواص الكيميائية...

- السكاكر الأحادية monosaccharides... يكون امتصاص الفركتوز ضعيف في حال عدم توافر الغلوكوز معه.
- السكاكر الكحولية sugar alcohols...تكون غير مهضومة جزئياً أو كلياً.
- ثنائيات السكاريدات disacchardies... كل السكريات عدا المالتوز والسكروز واللاكتوز هي غير ممتصة.
- السكريات قليلة التماثر oligosaccharides...كلها غير ممتصة عدا المالتودكسترين.
- عديدات السكاريد polysaccharides...كل السكريات غير النشوية غير ممتصة.
- النشاء المقاوم resistant starch.

وتقدر كمية السكريات التي يجب أن تصل الكولون يومياً بحوالي 30 غرام لتضمن الحفاظ على توزان الفلورا السعوية.

ما هو النشاء المقاوم؟

بدايةً ما هو النشاء...هو عبارة عن سلاسل أميلوز amylose وأميلوبكتين amylopectin متصلة مع بعضها البعض، حيث أن الأميلوز هي سلاسل خطية من جزيئات الغلوكوز بينما يتميز الأميلوبكتين بتفرعه الشديد. يعمل التفرع الموجود في سلاسل الأميلوبكتين على سهولة هضمه بسبب زيادة مساحة السطح النوعي للنشاء. كما أنه كلما ازداد الارتباط من نوع ألفا كلما كان

هضم النشاء أسهل وكلما ازداد الارتباط من النوع بيتا كلما تحول النشاء إلى ما يعرف باسم النشاء المقاوم وتتميز البقوليات بأنها الأكثر احتواءً على النشاء المقاوم بالمقارنة مع الخضار والفواكه والحبوب.

يقسم النشاء إلى مجموعتين:

- النشاء القابل للهضم chstar Digestible: وهونشاء قابل للهضم بالإنزيمات الهضمية ويُقسم إلى نشاء سريع الهضم RSD وبطيء الهضم SDS.
- النشاء المقاوم للهضم starch Resistant: وهو نشاء غير قابل للهضم بالإنزيمات الهضمية ويُقسم إلى أربع أنواع RS1، RS2، RS3، RS4. حيث يعتبر RS4 من أنواع النشاء المعدلة كيميائياً لتصبح مقاومة لعملية الهضم.

بينت التجارب على الحيوانات أن تناول النشاء RS4 مع الحمية الغذائية سواء كانت مرتفعة أو منخفضة الوارد من المواد الدسمة يؤدي إلى:

- انخفاض تركيز الكولسترول الكلي.
- انخفاض تركيز الشحوم الثلاثية.
- ارتفاع تركيز HDL.
- يتخمر النشاء المقاوم بفعل الفلورا المعوية ليشكل حموض دسمة قصيرة السلسلة تملك فعالية مضادة للالتهاب.

أكدت المنظمة الأوروبية لسلامة الغذاء EFSA أن استبدال الكربوهيدرات القابلة للهضم بالنشاء المقاوم RS2 غير قابل للهضم (مثل الأميلوز) يؤدي إلى تخفيض كمية الغلوكوز المتوفرة للامتصاص.

إلا أنه للحصول على هذه الفعالية عند تناول الأطعمة المخبوزة، لابد أن تكون نسبة النشاء المقاوم حوالي 14% من مجمل كمية النشاء.

يمكن الحصول على حوالي 7 غرام من الأميلوز من خلال تناول

- كوب من الفاصولياء البيضاء المطبوخة
- كوب من العدس المطبوخ
- نصف كوب من الشوفان
- حبتين من الموز الأخضر

كذلك بينت بعض الدراسات الحديثة أن تناول 15 غرام من النشاء المقاوم RS2 يومياً يُحسن من حساسية الأنسولين بنسبة تصل حتى 50%.

وفي دراسة أخرى تبين أن استبدال النشاء سريع الهضم بالنشاء المقاوم RS2 في الحمية الغذائية يقلل من مستويات الغلوكوز الدموية ومستويات الأنسولين عند الأشخاص الأصحاء ومرضى السكري على حد سواء.

ما هي الألياف الغذائية؟

تعرف الألياف الغذائية بأنها عبارة عن مكونات الجدر الخلوية النباتية غير القابلة للهضم في الأمعاء الدقيقة ويشمل التعريف بعض البولي سكاريدات التخزينية في النباتات مثل الصموغ. بشكل عام يشمل تعريف الألياف الغذائية على البكتين والصموغ والمواد اللعابية والسيليلوز والهيمي سليلوز واللينين.

قد يشمل التعريف في بعض الأحيان (لا يزال الموضوع جدلي) على الشيتين والشيتوزان على الرغم من أنها مشتقة من قشور الحيوانات البحرية مثل القريدس والسلطعون. حيث يملك الشيتين بعض الخواص الفيزيولوجية المشابهة للألياف الغذائية مثل تخفيض الكولسترول.

تقسم الألياف الغذائية إلى نوعين:

Soluble fiber... وتشمل الألياف الغذائية المنحلة بالماء والتي تتميز بقدرتها على رفع القوام مثل الصموغ والبكتين وتوجد في الخضار والفواكه ومنتجات الشوفان. توجد هذه الألياف داخل الخلايا النباتية وهي قابلة للتخمر وتعمل على بطء مرور الغذاء في الجهاز الهضمي دون التأثير في حجم الكتلة البرازية. يرجح أن لهذه الألياف دور في تخفيض مستويات الكولسترول والغلوكوز الدموي.

البكتين...وهو يتألف من تسلسل وحدات من galacturonic acid مع بعض السكريات الأحادية الأخرى ويتواجد في الجدر الخلوية وداخل النسج للعديد من الفواكه. تعزل وتستعمل في الصناعة الغذائية لزيادة القوام.

الصموغ... وتحتوي على الغالاكتوز وحمض الغلوكورونيك وبعض السكريات الأحادية الأخرى. تعزل عادةً من البذور وتستعمل لزيادة القوام وكعوامل مثبتة. أكثرها استعمالا هو الصمغ العربي وصمغ الغوار.

الهلام النباتي mucilage... وهو يشبه إلى حد كبير الصموغ ويحتوي على الغالاكتوز والمانوز وبعض السكريات الأحادية الأخرى. أهمها البسيليوم (يستخلص من بذور البسيليوم) والكاراجينان carrageenan (يستخرج من بعض الأعشاب البحرية). وتستعمل في الصناعة الغذائية كعوامل مثبتة.

Insoluble fibers... وتشمل الألياف الغذائية غير المنحلة بالماء مثل السيليلوز والهيمي سليلوز واللينين وتوجد في الحبوب الكاملة وبعض الخضار. توجد هذه الألياف في الجدر الخلوية النباتية وهي عادةً غير قابلة للتخمر وتعمل على تسريع مرور الغذاء في الجهاز الهضمي وزيادة حجم الكتلة البرازية.

Lignins... وهو يتواجد في الأجزاء الخشبية من النبات مثل الجزر وبذور الفواكه والحبوب الكاملة.

السيليلوز ... وهو أهم مكون للجدر الخلوية النباتية. يتألف من سلسلة من الغلوكوز تشبه الأميلوز إلا أنها تملك ارتباط بيتا على عكس الأميلوز في النشاء مما يجعله غير قابل للهضم. يوجد السليلوز في الحبوب الكاملة والخضار والفواكه والبقوليات.

الهيمي سليلوز ... يحتوي على الغلوكوز والمانوز و galacturonic acid وبعض السكريات الأحادية الأخرى. يوجد في الجدر الخلوية النباتية محيطاً بالسيليلوز. يوجد في الحبوب الكاملة وبعض الخضار، وتصنف بعض أنواعه ضمن الألياف الغذائية المنحلة.

ظهر حديثاً مصطلح functional fibers للدلالة على الأغذية المدعمة بالألياف الغذائية مثل السليلوز والشيتين و البيتا غلوكان والإينولين والفركتوأوليغوسكاريد FOS والبكتين والبسيليوم والنشاء المقاوم.

الفوائد الصحية للألياف الغذائية...

Table 3 Functions and benefits of dietary fibre on human health

Functions	Benefits
Adds bulk to the diet, making feel full faster	May reduce appetite
Attracts water and turns to gel during digestion, trapping carbohydrates and slowing absorption of glucose	Lowers variance in blood sugar levels
Lowers total and LDL cholesterol	Reduces risk of heart disease
Regulates blood pressure	May reduce onset risk or symptoms of metabolic syndrome and diabetes
Speeds the passage of foods through the digestive system	Facilitates regularity
Adds bulk to stool	Alleviates constipation
Balances intestinal pH and stimulates intestinal fermentation production of short-chain fatty acids	May reduce risk of colorectal cancers

بعض المصطلحات الهامة:

- عالي المحتوى من الألياف الغذائية: يحوي على الأقل 6 غرام من الألياف الغذائية في كل 100 غرام من المادة الغذائية.
- مصدر للألياف الغذائية: يحوي على الأقل 3 غرام من الألياف الغذائية في كل 100 غرام من المادة الغذائية.

يؤدي تخمر الألياف الغذائية في الكولون إلى انتاج العديد من المركبات أهمها غاز CO2 والهيدروجين والميتان والعديد من SCFAs منها الأسيتات (C2) والبروبيونات (C3) والبوتيرات (C4) بنسبة حوالي 6 : 2 : 2. تقدر الطاقة الناتجة عن تخمر الألياف الغذائية بحوالي 1.5-2.5 كيلوكالوري/غرام وهي أقل من 4 كيلوكالوري/غرام الناتجة عن بقية المواد السكرية ويعود ذلك إلى أن تخمر الألياف الغذائية يتم في بيئة لاهوائية.

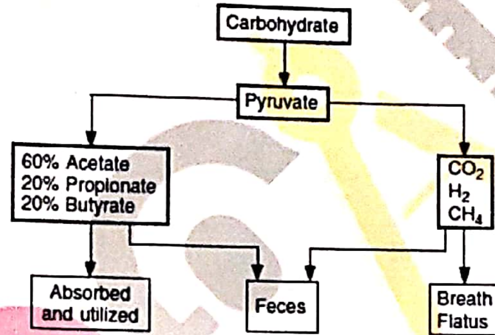


Figure 5.3 Overview of carbohydrate fermentation in the human colon.

تمتص SCFAs بشكل كامل لتساهم في إعطاء الطاقة للجسم، حيث تساهم هذه الحموض الدسمة بنسبة قد تصل حتى 10% من حاجة الجسم للطاقة بشكل متوسط. أما الاهتمام المتزايد حول هذه الحموض الدسمة فيعود لتأثيرها anti-cancer والذي يعود لقدرتها على تحريض التمايز الخلوي والتموت الخلوي المبرمج apoptosis في حالات سرطان الكولون. كم تبين بعض الدراسات أن البروبيونات تعمل على تخفيض خطر الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية من خلال تخفيض مستويات الكولسترول الدموية إلا أن ذلك لايزال بحاجة إلى الكثير من الدراسة.

ماذا يحدث في حال تناول فائض من الألياف الغذائية؟

إن الحاجة اليومية من الألياف الغذائية تقدر بحوالي 14 غرام لكل 1000 كيلوكالوري من الحرايرات المستهلكة.

أما الفائض من الألياف الغذائية فيؤدي إلى العديد من الاضطرابات الصحية مثل الغازات والتطبل والامساك وذلك لقدرة الألياف الغذائية على الارتباط مع الماء. كذلك فإن الألياف الغذائية ترتبط مع الفيتامينات والمعادن مما يقلل من امتصاصها وأهم المعادن هي الحديد والزنك والكالسيوم.

الحاجة اليومية من الكربوهيدرات

إن التوصيات الحديثة تؤكد على حاجة البالغ من المواد السكرية يومياً RDA هي 130 غرام، وهي لا تأخذ بعين الاعتبار النشاط الفيزيائي الممارس يومياً بل إنها تعبر فقط عن حاجة الدماغ من المواد السكرية. بينما AMDR تؤكد أن حاجة الجسم تتراوح بين 45-65% من الوارد الحروري اليومي.

ما هو الفرق بين enriched food و fortified food؟

Enriched food... هي الأغذية التي يعاد لها ما تم فقدانه من مواد مغذية خلال العمليات التصنيعية التي يخضع لها الغذاء.

Fortified food... هي أغذية يضاف لها مواد مغذية لا يحتويها الطعام في الحالة الطبيعية (أو يحتويها الطعام بكميات زهيدة جداً)، مثل حبوب الفطور المدعمة بالحديد وهو أحد العناصر المعدنية غير المتوفرة بشكل طبيعي في الحبوب.

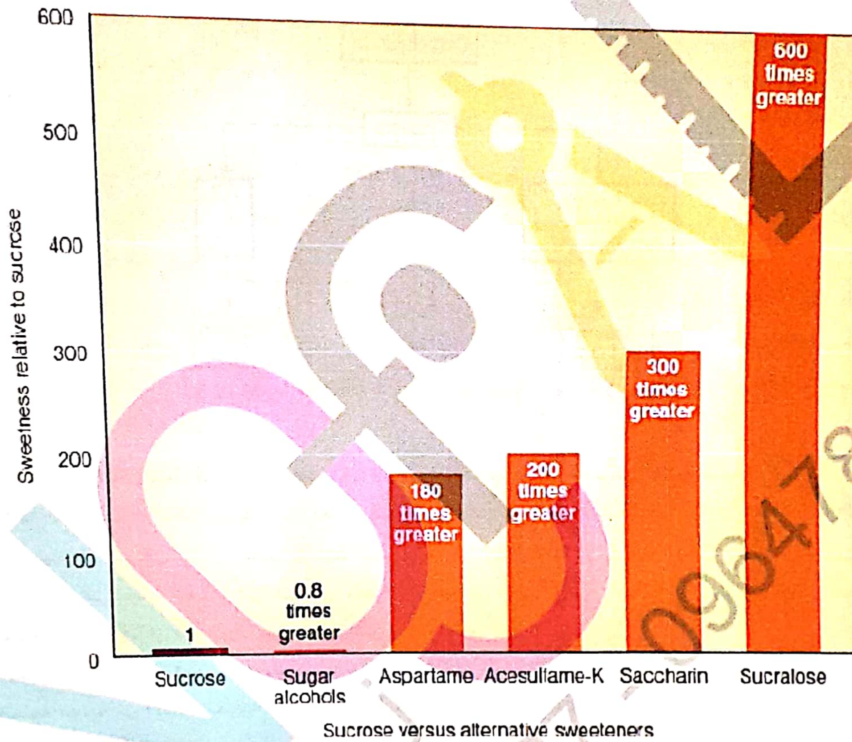
المحاضرة الثانية

المحليات Sweeteners

مقدمة Introduction

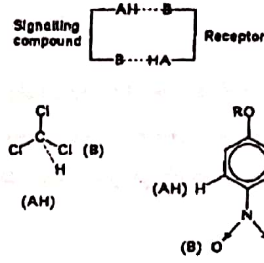
المحليات هي مركبات طبيعية أوصنعية تعطي شعوراً بالطعم الحلو ولا تملك قيمة تغذوية.

يجب أن تتميز المحليات بأمان الاستعمال والذوبانية الكافية والثبات في مجال واسع من درجة الحموضة ودرجة الحرارة، وأن يكون لها طعم حلو دون تأثيرات نكهة جانبية وأن يكون سعره اقتصادياً.

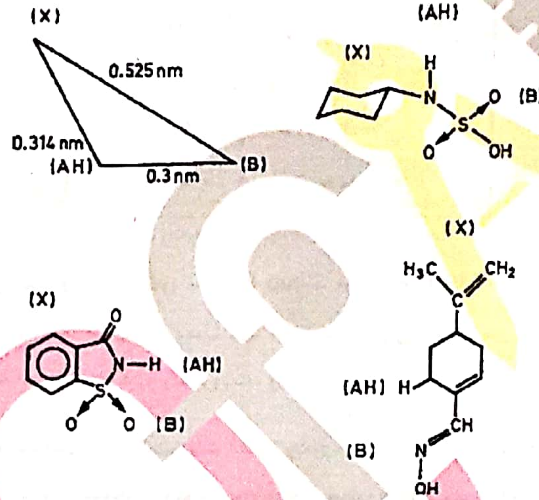


العلاقة بين البنية والطعم الحلو

يعود الطعم الحلو في المركب الكيميائي إلى العديد من البنى الكيميائية. يؤكد بعض الباحثين أن المركب الكيميائي يملك طعماً حلواً إذا احتوى على جملة مانحة/مستقبلة للبروتون (AH/B system) ويستطيع أن يتفاعل مع جملة أخرى مانحة/مستقبلة للبروتون عن طريق تشكيل روابط هيدروجينية.



يضم النموذج الموسع وجود مجموعة كارهة للماء إضافية وفق توضع فراغي محدد (جملة AH/B/X system) كما في الشكل:



تصنيف المحليات Sweeteners classification

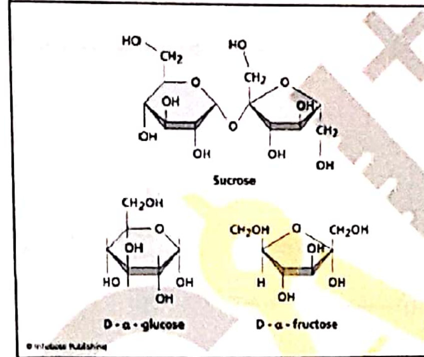
تصنف المحليات بشكل عام في مجموعتين رئيسيتين:

- المحليات التي تعطي الحريرات Caloric sweeteners: وهي محليات طبيعية مثل السكروز والفركتوز والغلوكوز والمانيتول والسوربيتول وتعطي حوالي 2.6-4 كيلوحريرة/غرام.
- المحليات التي لا تعطي الحريرات Non-caloric sweeteners: وهي محليات مصنعة وتسمى أيضاً بدائل السكر sugar substitutes مثل الأسبارتام والسكرين وهي تعطي كمية قليلة جداً من الحريرات وبعضها لا يعطي أي حريرة.

استعملت هذه المحليات كبديل عن المحليات التي تعطي الحريرات لتجنب المخاطر الصحية الناتجة عن ارتفاع استهلاك السكريات، كما استعملت عند مرضى السكري.

المحليات التي تعطي الحريرات Caloric sweeteners

السكروز هو سكر ثنائي يعطي بالحلمهة جزيئة غلوكوز وجزيئة فركتوز. أما الغلوكوز فهو سكر أحادي ويعرف باسم دكستروز Dextrose وهو يستخلص من نشاء الذرة أو بعض المركبات السليلوزية عن طريق الحلمهة الحمضية أو الإنزيمية. أيضاً يعتبر الفركتوز من السكريات الأحادية الذي ينتشر بشكل كبير في الفواكه لذا يعرف باسم سكر الفواكه أو levulose وهو أحلى من السكروز.



Chemical structures of three sugars: sucrose, glucose, and fructose

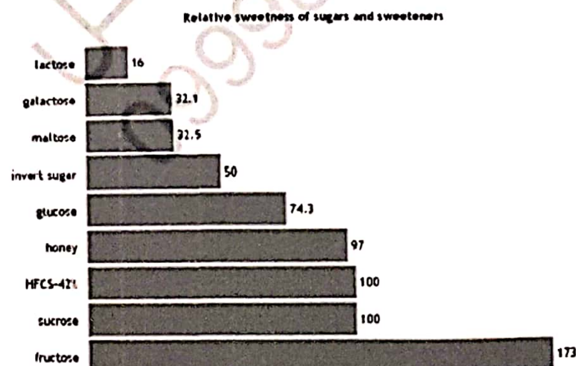
يحضر شراب الذرة عالي المحتوى من الفركتوز High-Fructose Corn Syrup HFCS عن طريق المعالجة الإنزيمية لشراب الذرة الغني بالغلوكوز، مما يؤدي إلى تحول جزء من الغلوكوز إلى فركتوز من أجل زيادة القدرة المحلية للشراب. يستعمل هذا الشراب لتحلية العديد من الأغذية والمشروبات، وله عدة أنواع:

- HFCS 55 وهو يستعمل لتحلية المشروبات الغازية ويحوي على 55% فركتوز و42% غلوكوز
- HFCS 42 وهو يستعمل للمعجنات والحبوب والأغذية المصنعة ويحوي على 42% فركتوز و53% غلوكوز
- HFCS 90 وله استعمالات محدودة ويحوي على 90% فركتوز و10% غلوكوز

يصنف العديد من خبراء التغذية HFCS ضمن الأغذية المصنعة لأنه لا يوجد بشكل طبيعي بل يتم تحضيره صناعياً.

يعتبر السكر المنقلب invert sugar syrup مزيجاً من الغلوكوز والفركتوز ويحضر من خلال تحطيم السكروز لمكوناته من خلال تعريض محلوله المائي للحرارة أو من خلال الاستعانة ببعض الإنزيمات مثل السكراز sucrase ذات المنشأ الحيواني أو الأنفرتاز invertase ذات المنشأ النباتي أو استعمال الحلمهة الحمضية. وتعود تسمية المنقلب لتغير حرف الضوء المستقطب من اليمين في المحلول المائي للسكروز إلى اليسار في المحلول المائي للسكر المنقلب.

يبين المخطط التالي معدل تحلية السكريات المختلفة مقارنة بالسكروز (100%):



السكاكر الكحولية

تتميز هذه المركبات بأنها تعطي 2.4-2.6 كيلوكالوري لكل 1 غرام منها. كما أنها لا تتحول إلى حمض لبن بعملية التخمر في الفم أي أنها لا تشكل ركازة للجراثيم في الفم وبالتالي فهي لا تسبب تسوسات الأسنان لذلك تضاف إلى معاجين الأسنان والعلكة. بالإضافة إلى أن الوظائف الغولية تلعب دوراً رابطاً للماء مما يُعطي شعور الرطوبة في الفم. أخيراً تتميز هذه المحليات بثباتها في درجات الحرارة المرتفعة.

أما من سيئاتها فأنها تسبب الإسهالات لذلك لا يمكن استعمالها في المنتجات التي يتم تناول كميات كبيرة منها مثل العصائر، كما أن قدرتها المحلية أقل من السكروز، يستثنى من ذلك الكزيليتول الذي يملك نفس القدرة المحلية للسكروز.

Sweetening power
(sucrose = 1)

Sugar Replacers (bulk sweeteners)	
Isomalt	0.5
Maltitol	0.8
Mannitol	0.5
Sorbitol	0.6
Xylitol	1.0

المحليات الصنعية Artificial sweeteners

استعملت المحليات الصنعية لتجنب التأثيرات الصحية السيئة للمحليات التي تعطي الحريرات. سمحت منظمة FDA سنة 2004 باستعمال خمس محليات صناعية هي السكرين saccharin والأسبارتام aspartame والسكرلوز sucralose وأسي سلفام البوتاسيوم acesulfame-K والنيوتام neotame، كما تم تصنيف التاغاتوز tagatose سنة 2001 ضمن قائمة Generally Recognized As Safe GRAS وهو يشتق من اللاكتوز وهو موجود بكميات قليلة في مشتقات الحليب وبعض المصادر الطبيعية الأخرى.

يجب التنويه هنا إلى أن القوانين الناظمة لاستعمال المحليات الصناعية تختلف من بلد لآخر، فمثلاً يسمح باستعمال الأليمات في أستراليا ونيوزيلاندا والصين، كما يسمح باستعمال الدي هيدرو شالكون dihydrochalcones في أوروبا والتوماتين thaumatin في اليابان وأوروبا وأستراليا ونيوزيلاندا.

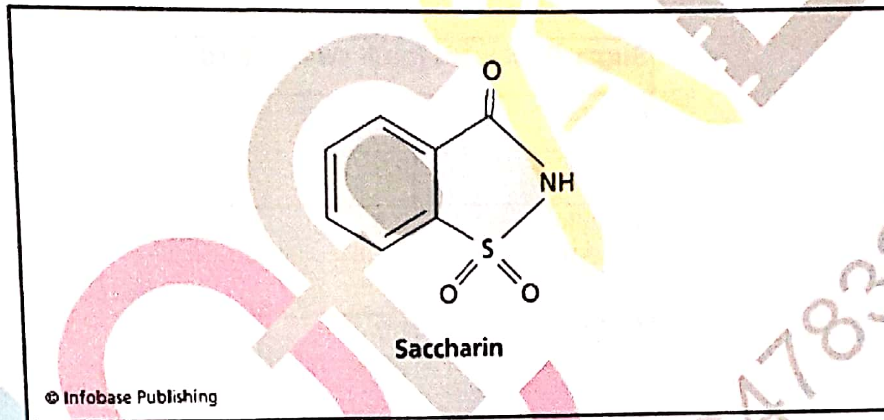
تكون القدرة المحلية لأغلب المحليات الصناعية أعلى من القدرة المحلية للمواد السكرية الطبيعية.

السكرين Saccharine

يعتبر السكرين من المحليات الصناعية التي لا تعطي الحريرات، وهو أكثر حلاوة من السكر بحوالي 300 مرة إلا أنه يترك في الفم طعماً معدنياً أو مراً. ليس له ADI.

ADI: هو مقدار يتم تحديده من قبل FDA ويعبر عن الكمية التي مكن تناولها من المركب كل يوم مدى الحياة دون ظهور تأثيرات جانبية ويتم تحديده بالدراسة على حيوانات التجربة وبمعامل تصحيح 100 لضمان الأمان والسلامة.

يعرف السكرين باسم أورتو-سلفوبنزاميد o-sulphobenzamide. يتميز السكرين بأنه مسحوق بلوري أبيض اللون لاينحل في الماء بشكله الحمضي، لذا يسوق السكرين تجارياً على شكل ملح صودي وفي بعض الحالات الخاصة بشكل ملح كالسيوم مناسب للأشخاص الذين يتبعون حمية غذائية خالية من الصوديوم، ويتميز كلا الملحين بانحلالية مرتفعة في الماء تبلغ 0.67 غرام/مل في درجة حرارة الغرفة.



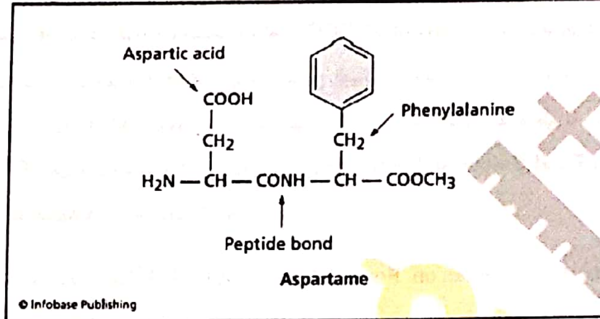
Chemical structure of saccharin

يتميز السكرين بأنه ثابت حرارياً ولا يتفاعل كيميائياً مع بقية مكونات الغذاء، كما أنه ثابت خلال الحفظ. يستعمل السكرين كمزيج مع بعض المحليات الأخرى للتخلص من الطعم المتأخر لها مثل مزيج 10 : 1 سيكلامات:سكرين. كما يستعمل السكرين مع الأسبارتام في المشروبات الغازية.

بينت إحدى الدراسات أن استعمال السكرين ليس آمناً ويمكن أن يؤدي للإصابة بسرطان المثانة bladder cancer في حيوانات التجربة.

الأسبارتام Aspartame

الأسبارتام هو عبارة عن L-asparatylphenylalanine methyl ester كما يبين الشكل التالي صيغته الكيميائية:



Chemical structure of aspartame

كما يبدو واضحاً في الشكل السابق فإن الأسبارتام هو ثنائي ببتيد يحوي حمضين أمينين هما حمض الأسبارتيك والفنيل آلانين. عند استقلاب الأسبارتام في الجسم تتشكل ثلاث مركبات مختلفة هي الحمضين الأمينين السابقين والميتانول. يعتبر كلا الحمضين الأمينين مركبان اعتياديان بالنسبة لجسم الإنسان إلا أن الميتانول ليس كذلك، فهو بالعكس تماماً من المركبات شديدة السمية، إلا أن الكمية المتشكلة منه نتيجة استقلاب الأسبارتام قليلة لدى استهلاكه بالكميات المعتدلة.

إن الكيمياء الحيوية للأسبارتام مختلفة تماماً عن السكرين، حيث يعبر السكرين الجهاز الهضمي دون أن يهضم وبالتالي فهو لا يعطي أي حريرة لذا يصنف ضمن zero calorie sweetener، إلا أن الأسبارتام يهضم ويستقلب في الجسم. ينتج عن استقلاب الأسبارتام كما ذكرنا سابقاً تشكل حموض أمينية تعطي 4 كيلوحريرة/غرام، وبالتالي فإن الأسبارتام هو من المحليات الصناعية التي تعطي الحريرات. إلا أن كمية الحريرات المتشكلة فعلياً مهملة لأن الأسبارتام هو من المحليات شديدة الحلاوة وبالتالي يكتفى بكمية ضئيلة جداً منه للحصول على الطعم الحلو المرغوب لذلك فهو يصنف ضمن very low calorie sweetener.

يختلف طعم المحليات الصناعية بشكل عام عن طعم السكروز، إلا أن الأسبارتام يعتبر أقربها طعماً للسكروز. يستمر الطعم الحلو للأسبارتام في الفم لفترة أطول من طعم السكروز ويستعمل غالباً كمزيج مع بعض المحليات الصناعية الأخرى مثل أسي سلفام البوتاسيوم acesulfame potassium للحصول على طعم أقرب ما يمكن لطعم السكروز.

يتحطم الأسبارتام في درجات الحموضة المرتفعة أو درجات الحرارة المرتفعة بسبب بنيته من الحموض الأمينية، لذا لا يمكن استعماله في المعجنات وبعض الأغذية الأخرى. استعملت بعض التقنيات الحديثة مثل التمحفظ باستعمال المالتودكسترين للحفاظ على ثبات الأسبارتام خلال درجات الحرارة المرتفعة. يتأثر ثباته في الوسط المائي بشكل أساسي بدرجة حموضة الوسط، ففي درجة حرارة الغرفة تعتبر درجة الحموضة 4.3 هي درجة الحموضة المثلى لثباته حيث يبقى الأسبارتام ثابتاً لمدة تجاوز السنة في مثل هذه الشروط. بينما يتخرب الأسبارتام في المحلول المائي المعتدل بعد بضعة أيام. تبلغ درجة حموضة أغلب المشروبات الغازية بين 3–5 لذا يمكن استعمال الأسبارتام لتحليتها.

يبلغ ADI منه 50 ملغ/ كغ من الوزن.

أجريت العديد من الدراسات حول التأثيرات الصحية للأسبارتام التي بينت ارتباطه ببعض التأثيرات أهمها بعض الأعراض العصبية مثل الصداع والدوار واضطرابات في التصرف والمزاج وبعض الأعراض الهضمية، كما يعاني بعض الأشخاص من أعراض التحسس. قام مركز الوقاية وضبط الأمراض Center for Disease Control and Prevention CDC بإجراء دراسة معمقة حول الأسبارتام سنة 1984 وبينت النتائج النهائية للبحث أن كافة الأعراض المرتبط باستعمال الأسبارتام هي أعراض خفيفة الشدة وتزول تلقائياً بحيث لا تشكل تهديداً على صحة الإنسان لفترة طويلة. كذلك بينت أحدث الدراسات التي أجريت سنة 2013 من قبل المنظمة الأوروبية لأمان الأغذية European Food Safety Authority أن الأسبارتام ونواتج استقلابه آمنة عند استهلاكها بالجرعات الاعتيادية.

حددت منظمة المضافات الغذائية Joint FAO/WHO Expert committee on Food Additives JECFA الحد الأعلى المسموح به من الأسبارتام بمعدل 40 مغ/كغ في اليوم، فإذا علمت أن العبوة الواحدة من المشروبات الغازية 355 مل تحوي 180 مغ من الأسبارتام، فإنه يلزم استهلاك حوالي 21 عبوة لتجاوز الحد المسموح به يومياً، أي أن ظهور التأثيرات السلبية للأسبارتام نادر الحدوث.

تبقى هناك حالة وحيدة يمنع فيها استعمال الأسبارتام هي الأشخاص الذين يعانون من بيلة الفنيل كيتون phenylketonuria PKU، حيث يعاني هؤلاء الأشخاص من نقص في الإنزيم اللازم لتحويل الفنيل آلانين إلى تيروزين مما يؤدي إلى تراكم الفنيل آلانين في الدم وبالنتيجة يؤدي هذا التراكم إلى خلل في الدماغ وتأخر عقلي. لذلك فإن كافة الأغذية التي تحوي على الأسبارتام يجب أن يضاف بطاقة البيان لخاصة بها عبارة: "لايستعمل عند مرضى بيلة الفنيل كيتون".

أسي سلفام البوتاسيوم Acesulfame-K

يشبه أسي سلفام البوتاسيوم إلى حد كبير في البنية مركب السكرين وهو عبارة عن محلي صناعي لا يعطي أي حريرة لأنه لا يهضم ولا يستقلب في الجسم. تبلغ قدرته المحلية حوالي 200 ضعف القدرة المحلية للسكروز، إلا أنه يخلف طعماً مراً في الفم كما مع السكرين خاصة إذا تم استهلاكه بتراكيز مرتفعة. لذا يستعمل أسي سلفام البوتاسيوم كمزيج مع الأسبارتام بنسبة 30 : 70 لإعطاء طعماً حلواً يشبه إلى حد كبير طعم السكروز. يبلغ ADI منه 15 ملغ/كغ من الوزن.
يستعمل أسي سلفام البوتاسيوم ذلك لتحضير الأغذية الجافة والعلكة وكذلك الأغذية السائلة مثل المشروبات الغازية. يملك أسي سلفام البوتاسيوم العديد من المزايا فهو ثابت لفترة قد تتجاوز الثلاث سنوات ولا يتحطم في درجات الحرارة المرتفعة كما أن أغلب الأبحاث أظهرت أنه لا يملك تأثيرات مسرطنة إلا أنه يجب الأخذ بعين الاعتبار إلى أن الأسي سلفام بوتاسيوم من المحليات الصناعية الحديثة التي تتطلب أبحاثاً إضافية للتأكد من تأثيراتها الجانبية خاصة المسرطنة منها.
يستعمل أسي سلفام البوتاسيوم بكثرة في المستحضرات الصيدلانية خاصة الأدوية السائلة وأقراص المضغ لأنه يجعل طعم المادة الدوائية مستساغاً.

السكرالوز Sucralose

اكتشف السكرالوز نتيجة بعض الأبحاث الكيميائية التي أجريت على السكروز ومشتقاته، حيث تم اصطناعه انطلاقاً من الغلوكوز باستبدال ثلاث زمر من الهيدروكسيل بزمر كلوريد. وهو يملك قدرة محلية تفوق قدرة السكروز بحوالي 600 مرة. يبلغ ADI منه 5 ملغ/ كغ من الوزن.

يتميز السكرالوز بقدرته المحلية وبعدم تركه لأي طعم مر في الفم، كما أنه يتميز بفترة ثبات طويلة ويتحمل درجات الحرارة المرتفعة ومجال كبير من درجات الحموضة المختلفة، كما أنه لا يهضم ولا يستقلب في الجسم. أما بالنسبة لتأثيراته الجانبية فلم تظهر الأبحاث حتى الآن أي تأثيرات جانبية خطيرة ولكن لا تزال الأبحاث مستمرة في هذا المجال.

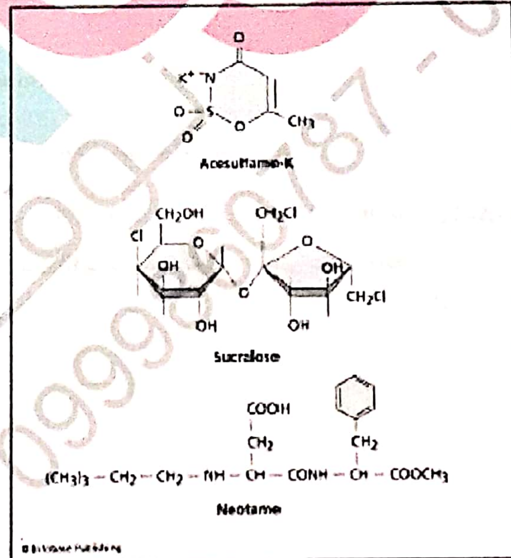
النيوتام Neotame

حصل النيوتام على موافقة FDA سنة 2002. بدأت الأبحاث حول النيوتام في منتصف التسعينات من القرن الماضي عندما حاولت بعض الشركات تطوير الأسبارتام والتخلص من تأثيراته السلبية خاصة تلك المتعلقة بالفنيل آلانين، حيث استطاع العالمان الفرنسيان Nofre and Tinti اشتقاق حمض الأسبارتيك في الأسبارتام وذلك بإدخال زمرة 3,3-dimethyl butyl على النهاية الأمينية مما يعيق عمل الببتيداز.

عندما يدخل النيوتام إلى الجسم فهو يتعرض للهضم ليعطي الميثانول وثنائي ببتيد يطرح كما هو وبالتالي لا يتحرر الفنيل آلانين في الجسم كما لا يعطي النيوتام أي حريرة.

أجريت على النيوتام أكثر من 113 دراسة أثبتت جميعها عدم امتلاك النيوتام لتاثيرات جانبية ضارة بالصحة.

يتميز النيوتام بقدرة محلية تفوق قدرة السكروز بحوالي 7000-13000 مرة وهو يستعمل في المعجنات والعلكة والمشروبات الغازية والحلويات.



Chemical structures of three noncaloric sweeteners: acesulfame K, sucralose and neotame

السيكلامات Cyclamates

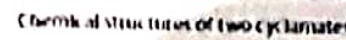
يملك السيكلامات قدرة محلية ضعيفة لا تتجاوز 50 ضعف القدرة المحلية للسكروز ويترك طعماً غير مرغوباً في الفم أقل شدة من طعم السكرين والأسي سلفام. يستعمل السيكلامات على شكل ملحين هما الملح الصودي والملح الكلسي ويتميز برخص سعره وتحمله للحرارة.

NH – $SO_3^{\ominus}$ $Na^{\oplus}$

Sodium cyclamate

$[NH – SO_3]^{\ominus}_2$ $Ca^{2\oplus}$

Calcium cyclamate


Chemical structures of two cyclamates

يستعمل السيكلامات كمحلي صناعي في العديد من المستحضرات الصيدلانية، كذلك أضيف السيكلامات إلى المشروبات الغازية لوحده أو بالمشاركة مع السكرين.

تربط بعض الدراسات بين استهلاك السيكلامات وبين حدوث الأذية الكبدية وسرطان المثانة وتشوه الأجنة.

الأليتام Alitame

تم تطوير الأليتام من قبل شركة فايزر Pfizer سنة 1980، وهو عبارة عن ثنائي ببتيد مثل الأسبارتام إلا أنه يتألف من حمض الأسبارتيك والألانين. يتميز الأليتام عن الأسبارتام بأنه أكثر حلاوة بحوالي 10 أضعاف، كما أنه لايترك طعماً غير مرغوب به في الفم ويتحمل درجات الحرارة المرتفعة بالإضافة أنه لا يحوي الفنيل ألانين وبالتالي يمكن استعماله عند كل الأشخاص.

فوق الأسبارتام Superaspartame

تم تطوير هذا المركب بإضافة وظيفة سيانوفنيل إلى الأسبارتام.

يحوي على الفنيل ألانين والميتيل استر، إلا أن قدرته المحلية أعلى بحوالي 5000 مرة من السكروز لذلك فإن الكمية المتحررة من الفنيل ألانين ستكون قليلة حتماً كون الكميات المستخدمة من المحلي ستكون قليلة.

بعض أنواع المركبات الببتيدية والبروتينية الطبيعية

تتميز هذه المحليات بعدم ثباتها في درجات الحرارة المرتفعة.

التوماتين Thaumatin



وهو عبارة عن بروتين مستخلص من نبات katemfe fruit (Thaumatococcus danielli) وهي أحد أنواع الفواكه المنتشرة في غرب أفريقيا.

يملك هذا المركب قدرة محلية كبيرة تقدر بحوالي 2500 ضعف بالمقارنة مع القدرة المحلية للسكروز. ينحل التوماتين في الماء وهو يتألف من تسلسل 207 حمض أميني ويبلغ وزنه 22 كيلودالتون ونقطة التعادل الكهربائي له Isoelectric point 11.5. يستعمل التوماتين بالمشاركة مع بعض المحليات الأخرى مثل الأسبارتام ويسمح بتقنيع الطعم المر الذي يتركه السكرين في الفم.

المونيلين Monellin

قدرته المحلية أكثر من السكروز بحوالي 3000 مرة. وهو عبارة عن سلسلتين ببتيدتين، غير ثابت بالحرارة يمكن أن يختفي الطعم الحلو خلال 24 ساعة بدرجة حرارة الغرفة.

الكوركولين والميراكولين Curculin and Miraculin

الكوركولين هو بروتين حلو الطعم، حيث يغيب الطعم الحلو الذي يحرضه هذا البروتين بعد عدة دقائق، ويظهر ثانية بالشدة نفسها بالمضمضة بالماء. كما أن المضمضة بمحلول حمضي مثل عصير الليمون تعزز الطعم الحلو بوضوح.

أما الميراكولين فهو عبارة عن بروتين سكري يوجد في أحد أنواع الثمار الاستوائية وهو عديم المذاق إلا أنه يعطي طعماً حلواً في المحاليل الحمضية.

Stevia

هي من المحليات التي لا تعطي حريرات وتعتبر أكثر حلاوة من السكر بحوالي 200 مرة. حتى اليوم لم يحصل استعمال أورا stevia أو خلاصتها على موافقة FDA حيث أن الدراسات طويلة الأمد على مستويات سكر الدم والجملة القلبية الوعائية والقدرة الانجابية والجهاز البولي لم تستكمل.

بالمقابل تسمح FDA بعزل مركب Rebaudioside A واستعماله كمحلي حيث تم تصنيفه ضمن مجموعة GRAS.

المحاضرة الثالثة

البروتينات

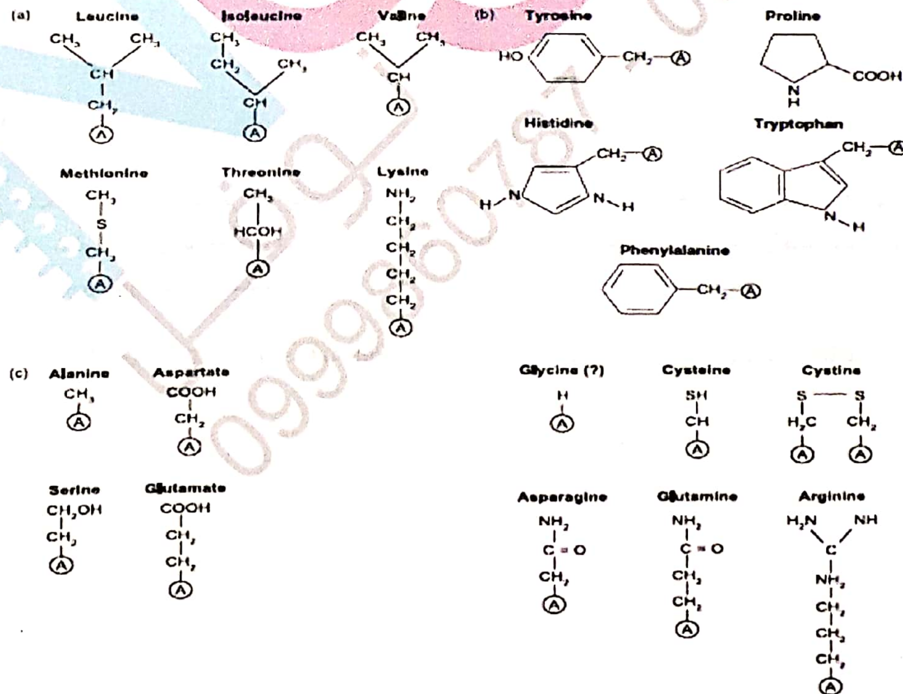
مقدمة

تعتبر البروتينات هي المركب الأساسي الحاوي على النتروجين في الغذاء والجسم على حد سواء. تعتبر الحموض الأمينية هي الوحدة الأساسية المكونة للبروتين ولكل حمض أميني وظيفة خاصة بها في العضوية الحية يمكن تلخيصها فيمايلي:

الحمض الأميني	الوظيفة الحيوية
Leucine, iso-leucine, valine Glutamate, glutamine, alanine Aspartate	المصادر الرئيسية للنتروجين تساهم في عمليات نقل الكربون
Glycine, serine, methionine	عمليات استقلاب الكربون
Histidine, phenylalanine, tyrosine, tryptophan, glutamate	اصطناع النواقل العصبية مثل الهيتامين والدوبامين والإيبي نفرين والنور إيبي نفرين والسيروتونين
Arginine, cysteine, glycine, histidine, β-alanine	بعض العمليات الحيوية الأخرى كاصطناع البولة ومعطي للنتروجين في تفاعلات اصطناع الهيم واصطناع الكارنوزين

بنية الحموض الأمينية

فيما عدا البرولين proline تملك الحموض الأمينية نفس البنية الأساسية $-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle NH_2}{C}}-COOH$ لتختلف في السلسلة الجانبية والتي تحدد الخواص الفيزيائية والكيميائية والحيوية للحمض الأميني.



مدرس المقرر د ياسر الروح

فمثلاً فإن السلسلة الجانبية للميثيونين methionine تسهل دوره الفيزيولوجي في إعطاء مجموعة المتيل في تفاعلات استقلاب الكربون، كما أن وجود مجموعة أمينية إضافية في الحمض الأميني الغلوتامين يجعل منه مصدراً رئيسياً للنتروجين في تفاعلات اصطناع البيريميدينات. كما أن بنية الألانين تسمح لها في التدخل في تفاعلات اصطناع الغلوكوز من مصادر لاكربوهيدراتية.

كما أن بعض الحموض الأمينية تدخل في اصطناع حموض أمينية أخرى في الجسم. ولبعض منها دور هام في تنظيم الحالة الصحية في الجسم، فمثلاً يعتبر الغليسين مضاد التهاب وعامل منظم للمناع، كما أن السيستئين يتدخل في اصطناع الغلوتاثيون. وبالمختصر تلعب الحموض الأمينية وخاصة غير الأساسية منها 3 أدوار صحية هامة هي: وظيفة مناعية، وظيفة هضمية، وظيفة إدراكية وعصبية عضلية.

تصنيف الحموض الأمينية

تم تصنيف الحموض الأمينية لفترة طويلة من الزمن في مجموعتين أساسية وغير أساسية.

Table 4.5 The dietary amino acids of nutritional significance in humans

Indispensable	Conditionally indispensable	Dispensable
Valine	Glycine	Glutamic acid (?)
Isoleucine	Arginine	Alanine
Leucine	Glutamine	Serine
Lysine	Proline	Aspartic acid
Methionine	Cystine	Asparagine
Phenylalanine	Tyrosine	
Threonine	(Taurine)[a]	
Tryptophan	(Ornithine)[a]	
Histidine	(Citrulline)[a]	

ويُقصد بالحموض الأمينية الأساسية هي تلك الحموض الأمينية التي لا يستطيع الجسم اصطناعها نظراً لعدم توافر الإنزيمات الضرورية لعمليات الاصطناع ويشمل هذا التعريف على 3 مصطلحات هامة: متوفرة للخلايا بسرعة مناسبة للحفاظ على النمو الطبيعي. متوفرة أي توجد في الغذاء بكميات مناسبة تلبي حاجة الجسم فمثلاً يمكن اصطناع بعض الحموض الأمينية الأساسية مثل الحموض الأمينية المتفرعة (الفينيل آلانين والميثيونين) في الجسم انطلاقاً من نظائرها إلا أن هذه النظائر لا تشكل جزءاً من تركيب المواد الغذائية. أما المقصود بكلمة سرعة مناسبة فتشير إلى بعض الحموض الأمينية غير الأساسية والتي قد تصبح أساسية شرطية في بعض الحالات الخاصة مثل الأرجنين والسيستئين والبرولين والغليسين والتي يبطئ اصطناعها في الجسم بشكل كبير في بعض الحالات المرضية. أما مصطلح النمو الطبيعي فهنا يجب الوقوف على أمر مهم هو أن بعض الحموض الأمينية قد تكون أساسية في أحد مراحل العمر لتتحول إلى غير أساسية في مراحل العمر الأخرى.

الحموض الأمينية الشرطية...يمكن تفسير ذلك بالعديد من النقاط:

- يتم اصطناع هذه الحموض الأمينية انطلاقاً من حموض أمينية أخرى وبالتالي فإن عملية الاصطناع مرهونة بتوفر الحمض الأميني الركيزة.
- ازدياد حاجة العضوية لهذه الحموض الأمينية في بعض الحالات الخاصة مثل حالات الشدة النفسية أو مراحل النمو مما يعني عدم قدرة الجسم على تلبية هذه الكميات الكبيرة من الحمض الأميني. مثلاً تزداد الحاجة إلى البرولين والأرجنين في حالات الحروق وتزداد الحاجة إلى السيستئين والغليسين عند الخدج.
- بعض الحالات المرضية مثل بيلة الفنيل كيتون phenylketonuria (PKU) حيث يعاني الشخص من خلل في استقلاب الفنيل آلانين وهو أحد الحموض الأمينية الأساسية. في الحالة الطبيعية يستطيع الجسم تحويل الفنيل آلانين إلى تيروزين (حمض أميني غير أساسي) انطلاقاً من الفنيل آلانين أما في حالة PKU فإن ذلك غير ممكن وبالتالي يتحول التيروزين إلى حمض أميني أساسي شرطي يجب توفره في الغذاء.

حاجة الجسم من الحموض الأمينية

يحتاج الجسم النتروجين الموجود في الحموض الأمينية والحموض الأمينية الأساسية كركيزة لاصطناع البروتين والحفاظ على مستويات البروتينات في الأعضاء المختلفة. وبالتالي فإن الكتلة البروتينية في الجسم هي ما يحدد حاجة الجسم من المواد البروتينية الغذائية يومياً، أي أن العديد من العوامل تتحكم في حاجة الجسم اليومية من البروتينات الغذائية أهمها المرحلة العمرية وتكوين الجسم والجنس والحالة الفيزيولوجية.

حتى اليوم لا يوجد طريقة لقياس المحتوى البروتيني في الجسم الحي بشكل مباشر إلا أن العديد من الطرق غير المباشرة تستعمل لهذه الغاية والتي تعطي صورة عن محتوى النتروجين العام. بشكل عام يزداد محتوى النتروجين في الجسم بسرعة

خلال مراحل النمو ليصل إلى أعلى مستوياته خلال العقد الثالث من العمر ليبدأ بعدها بالتناقص التدريجي ويحدث ذلك بسرعة أكبر عند الرجال بالمقارنة مع النساء. ويعتبر المؤثر الرئيسي في هذا التناقص هو تناقص الأزوت العضلي، لذا فإن ممارسة الرياضة تقلل من حدة هذا التناقص.

بشكل عام يقال أن حاجة الجسم من النتروجين تعبر عن كمية البروتينات الغذائية التي تحافظ على مستويات ثابتة من النتروجين في الجسم، أما الرضع والأطفال والحوامل فهم بحاجة لكميات إضافية.

بالإضافة إلى توازن النتروجين في الجسم لابد من الإشارة إلى ما يعرف بدورة البروتين protein turnover والتي تعبر عن التوازن بين اصطناع البروتين وتدركه في الجسم والذي يعتبر من المعايير الهامة التي تحدد كمية البروتينات الغذائية التي يحتاجها الجسم.

بشكل عام يمكن القول أن الوارد الغذائي من البروتينات يجب أن يحافظ على مايلي:

nitrogen intake = nitrogen excretion
protein synthesis = protein breakdown

يمكن تحقيق ذلك عند البالغين بتناول 0.8 غرام من المواد البروتينية لكل 1 كغ من الجسم خلال اليوم.

تزداد هذه الكمية في بعض الحالات الخاصة أهمها الحروق وتنخفض في حالات القصور الكلوي والأمراض الكبدية.

توازن النتروجين = وارد النتروجين−مقدار ما يتم طرحه من النتروجين في البول والبراز والجلد.

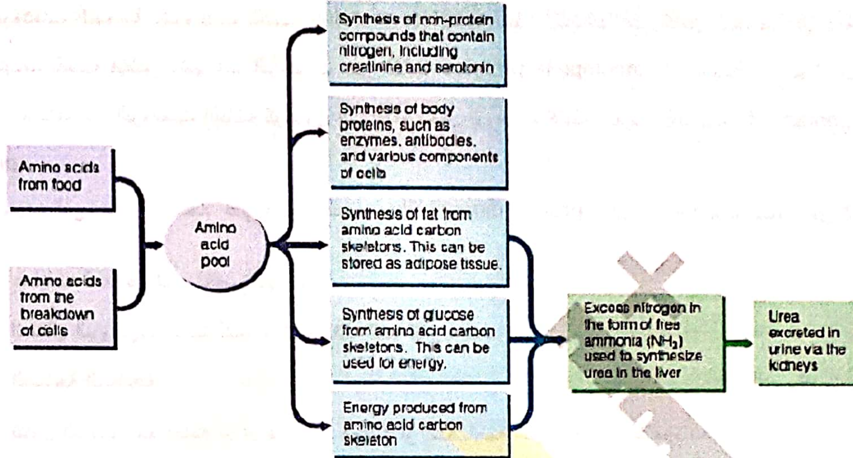


Figure 6.7 Protein turnover involves the synthesis of new proteins and breakdown of existing proteins to provide building blocks for new proteins. Amino acids are drawn from the body's amino acid pool and can be used to build proteins, fat, glucose, and non-protein nitrogen-containing compounds. Urea is produced as a waste product from any excess nitrogen, which is then excreted by the kidneys.

حاجة الجسم من الحموض الأمينية الأساسية

وتعرف بأنها أقل كمية من الحموض الأمينية الأساسية التي تحافظ على توازن الآزوت أو التي تعوض الضياع غير العكوس للحموض الأمينية.

الحصول على الحاجة من المواد البروتينية والحموض الأمينية الأساسية

إن المعرفة الدقيقة لحاجة الجسم من المواد البروتينية والحموض الأمينية الأساسية هي المعيار الرئيسي الذي يحدد جودة المادة الغذائية وبشكل عام يتم تقييم المواد الغذائية بناء على نقطتين أساسيتين هما:

- محتوى المادة الغذائية من الحموض الأمينية الأساسية.
- مدى توفر هذه الحموض الأمينية الأساسية للجسم.

Table 4.12 The amino acid content of different food protein sources

	mg/g protein (mean ± SD)			
Food source	Lysine	Sulfur amino acids	Threonine	Tryptophan
Legumes	64 ± 10	25 ± 3	38 ± 3	12 ± 4
Cereals	31 ± 10	37 ± 4	32 ± 4	12 ± 2
Nuts, seeds	45 ± 14	46 ± 17	36 ± 3	17 ± 3
Fruits	45 ± 12	27 ± 6	29 ± 7	11 ± 2
Animals foods	85 ± 9	38	44	12

تعتبر البروتينات الحيوانية أكثر جودة من البروتينات النباتية. حيث تعتبر البقوليات غنية ببعض الحموض الأمينية الأساسية لكنها تفتقر للمتيونين والتربتوفان، بينما نلاحظ أن الحبوب غنية بالمتيونين والتربتوفان لكن ينقصها الليزين والإيزولوسين. لذلك يعتمد النباتيون على غذاء المعاوضة وهو دمج البقول والحبوب للحصول على حاجة الجسم من الحموض الأمينية الأساسية.

تسمى البروتينات الحيوانية بالبروتينات الكاملة complete proteins نظراً لاحتوائها على كامل الأحماض الأمينية الأساسية أما البروتينات النباتية فيطلق عليها اسم البروتينات غير الكاملة incomplete proteins. إلا أنه يمكن من خلال التغذية مزج مجموعات مختلفة من البروتينات النباتية للوصول إلى غذاء يحوي بروتينات كاملة ويعرف ذلك باسم complementary of proteins.

يتم تقييم جودة البروتينات بالاعتماد على قابليتها للهضم protein digestibility. تتأثر قابلية الهضم بالعديد من العوامل:

- عمليات المعالجة التي يخضع لها الطعام.
- انحلال البروتين... حيث كلما ازداد انحلاله كلما كان هضمه أفضل.
- المساحة السطحية.
- تناول البروتين مع أغذية أخرى قد تعيق هضمه أو امتصاصه مثل المعادن والشحوم وعديدات السكاكر.

يمكن تقييم جودة البروتينات وفق أحد الطرق التالية:

- قابلية الهضم true digestibility TD
- القيمة الحيوية biological value BV
- الاستخدام الحقيقي للبروتينات net protein utilization NPU
- نسبة فعالية البروتين protein efficiency ratio PER
- القيمة الكيميائية Chemical score
- قيمة توفر الليزين Available lysine value ALV
- قابلية هضم البروتين المصحح حسب الحمض الأميني protein digestibility corrected amino acid score PDCAAS

قابلية الهضم true digestibility TD

- وهي النسبة بين النتروجين الممتص إلى النتروجين المتناول.
- ويتم معرفة النتروجين الممتص من خلال الفرق بين النتروجين المتناول والنتروجين المنطرح في البراز.

القيمة الحيوية biological value BV

- لمعرفة كمية البروتينات التي امتصت واستفاد منها الجسم.
- وتساوي إلى النسبة المئوية لحاصل قسمة النتروجين المحتبس maintained إلى النتروجين الممتص.
- ويقصد بالنتروجين المحتبس أي كمية النتروجين الذي استفاد منه الجسم وتحسب من خلال الفرق بين النتروجين الممتص مطروحاً منه كمية النتروجين المنطرح مع البول.

الاستخدام الحقيقي للبروتينات net protein utilization NPU

- وهي حاصل ضرب BV و TD.
- وبالتالي يكون الاستخدام الحقيقي للبروتين هو عبارة عن النسبة المئوية لحاصل قسمة النتروجين المحتبس إلى النتروجين المتناول.

نسبة فعالية البروتين protein efficiency ratio PER

- وذلك باستخدام حيوانات التجربة.
- تطبق على مجموعتين، تعطى للمجموعة الأولى حمية خالية من البروتين لمدة شهر ، أما الثانية فتعطى حمية تحوي البروتين المراد تحديد فعاليته لمدة شهر أيضاً.
- بعدها يحسب وزن المجموعتين.
- ويعرف PER بأنه حاصل قسمة، مجموع تناقص وزن المجموعة الأولى مع زيادة وزن المجموعة الثانية، مقسوماً على كمية البروتين المتناولة.

القيمة الكيميائية Chemical score

- تساوي إلى النسبة المئوية لحاصل قسمة محتوى الحموض الأمينية الأساسية في 100 غرام من العينة إلى محتوى نفس الأحماض الأمينية في بروتين مرجعي.
- كلما ازداد الرقم كلما كان ذلك دليلاً على جودة البروتين.
- تعتبر بروتينات البيض هي البروتينات المرجعية.

قابلية هضم البروتين المصحح حسب الحمض الأميني protein digestibility corrected amino acid score PDCAAS

- وهي تساوي إلى (كمية الحمض الأميني الأساسي بالملغ في 1 غرام عينة مقسماً على كمية الحمض الأميني الأساسي بالملغ في 1 غرام عينة مرجعية) * قيمة الهضم الحقيقي للحمض الأميني.
- تعتبر بروتينات البيض هي البروتينات المرجعية.
- تكون القيمة المرجعية 1.0
- تبلغ قيمة PDCAAS للحبوب 0.5-0.4 نتيجة انخفاض محتواها من الليزين إلا أنها تحوي كميات وافرة من الميتيونين.
- الخبز الأبيض يملك القيمة 0.7-0.6 نتيجة انخفاض محتواه من الميتيونين إلا انه يحوي كميات وافرة من الليزين.

السمية المرافقة لتناول كميات مرتفعة من المواد البروتينية...

بينت العديد من الدراسات أن تناول كميات مرتفعة من المواد البروتينية يزيد من إطراح الكالسيوم والأوكسالات في البول مما يؤهب على الهشاشة العظمية وتشكل الحصيات البولية.

سوء التغذية الناتج عن نقص الوارد من المواد البروتينية (Protein-energy malnutrition)

يعتبر سوء التغذية الناتج عن نقص الوارد من المواد البروتينية PEM أحد أشكال سوء التغذية المنتشرة عند الأطفال والمسنين على حدٍ سواء. ويمكن أن تحدث بشكلين مختلفين يعرفان باسم السغل (الهزال) marasmus و كواشيوركور (نقص البروتين) kwashiorkor، كما قد يصاب الشخص بأعراضٍ مشتركةٍ بين الحالتين السابقتين.

السغل (الهزال) هو اضطرابٌ يتميز بنضوب مخازن الدهون وتلف العضلات، وينتج عن نقص كل من البروتين والسعرات الحرارية (أي جميع العناصر الغذائية). يعاني الأفراد المصابون بالسغل من نقص الوزن بشكل كبير إلى حد الهزال ولكن دون ظهور وذمة. في المقابل، فإن ظهور الوذمة يعتبر عارضاً مميزاً لكواشيوركور (نقص البروتين) kwashiorkor. وينتج الكواشيوركور في المقام الأول عن نقص البروتين، في حين أن مدخول السعرات الحرارية الكلي قد يكون طبيعياً. يعتبر كلا النوعين أكثر شيوعاً في الدول النامية، ولكن أنواعاً معينةً من نقص الوارد من المواد البروتينية PEM تتواجد أيضاً لدى فئاتٍ خاصةٍ مختلفة في الدول الصناعية، مثل كبار السن وبعض المرضى. ففي الدول المتقدمة، يكون حدوث PEM أكثر شيوعا كعارضٍ ثانوي لمرضٍ مزمنٍ يتداخل مع استقلاب المغذيات، مثل مرض التهاب الأمعاء والفشل الكلوي المزمن، أو السرطان.

وبغض النظر عن الأعراض وشكل الإصابة فإن سوء التغذية PEM يجعل الجسم أكثر عرضةً للإصابة بالإنتانات المختلفة من خلال التأثير السلبي في عمل الجهاز المناعي.

إن اضطراب سوء التغذية الناتج عن نقص الوارد من المواد البروتينية يترافق مع انخفاضٍ في إنتاج السيتوكينات cytokines المضادة للالتهاب والعديد من المواد البروتينية الضرورية لعمل الجهاز المناعي ويؤثر سلباً في عمل الخلايا البالعة phagocyte والعقد اللمفاوية lymph nodes. كما يؤدي إلى خللٍ في عمل الأغشية المخاطية مما يزيد من الحساسية للإنتانات التنفسية والهضمية والبولية.

أخيراً من المهم التأكيد على أن اضطراب سوء التغذية PEM يترافق أيضاً مع نقصٍ حادٍ في العديد من المواد المغذية الضرورية micronutrients مثل الفيتامين A والفيتامين B6 والفولات والفيتامين E والزنك والحديد والنحاس والسيلينيوم.

البروتينات والحصيات الكلوية

Proteins and kidney stones

الحصيات الكلوية Kidney stones

تعتبر الحمية الغذائية أحد العوامل التي تؤهب أو تثبط تشكل الحصيات الكلوية إلى جانب العوامل الوراثية والبيئية ووزن الجسم وتناول السوائل.

تعتبر الوقاية من تشكل الحصيات الكلوية من الأمور الضرورية خاصةً عند الأشخاص الذين أصيبوا بها من قبل (المؤهبين للإصابة) من أولويات الحمية الغذائية، كما أن الخطوة الأولى في الوقاية تشمل التعرف الدقيق على نوع الحصيات الكلوية المتشكلة والتي تقسم إلى عدة أنواع:

1. **حصيات أوكسالات الكالسيوم calcium oxalate:** وهي الأكثر شيوعاً، وتتشكل عندما تكون درجة حموضة البول منخفضة، وتعتبر الأوكسالات مركبات عضوية توجد في العديد من الخضار والفواكه والمكسرات.
2. **حصيات فوسفات الكالسيوم calcium phosphate stones:** وهي أقل شيوعاً، وتتشكل عندما تكون درجة حموضة البول مرتفعة.
3. **حصيات حمض البول uric acid stones:** وتتشكل عندما تكون درجة حموضة البول منخفضة دوماً غالباً نتيجة تناول حمية مرتفعة الوارد من البروتينات الحيوانية والبورين (هي مركبات موجودة بشكل طبيعي في كافة الأغذية وبشكل خاص في اللحوم والأسماك).
4. **حصيات struvite stones:** وتنتج عن حدوث إنتان في الكلية، ويمكن الوقاية من هذه الحصيات من خلال تجنب الإنتانات المختلفة، ولا تؤثر الحمية الغذائية في الوقاية من هذا النوع من الحصيات الكلوية.
5. **حصيات السيستين cystine stones:** وهي تنتج عن اضطراب وراثي نادر يؤدي إلى عبور السيستين من الكليتين إلى البول ليشكل الحصيات.

النصائح الغذائية Nutritional intervention

السوائل Fluids

يعتبر شرب السوائل من أهم النصائح التي يمكن اتباعها من أجل الوقاية من تشكل الحصيات الكلوية، وتختلف الكمية التي يُنصح بها باختلاف حالة الطقس وفعالية الشخص الفيزيائية، وبشكل عام يُنصح الأشخاص المؤهبين لتشكل الحصيات الكلوية بشرب الماء وتناول سوائل مختلفة لإنتاج ما لا يقل عن 2 quarts من البول يومياً.

يعتبر الماء من أفضل السوائل التي يمكن تناولها كما أنه خالي من الحريرات. يجب الانتباه إلى أن الشاي والقهوة تزيد من مدخول السوائل للجسم إلا أنها تحوي على الأوكسالات.

الصوديوم Sodium

يجب على الأشخاص المؤهبين لتشكل الحصيات الكلوية تجنب استهلاك كميات كبيرة من الصوديوم لأن إطراح الصوديوم عبر الكليتين يترافق مع إطراح كميات إضافية من الكالسيوم التي يمكن أن ترتبط مع الأوكسالات أو الفوسفور لتشكل الحصيات الكلوية. وبالتالي يُفضل إنقاص الوارد اليومي من الصوديوم عوضاً عن تخفيض الوارد اليومي من الكالسيوم.

يمكن تخفيض الوارد اليومي من الصوديوم إلى حوالي 1500 ملغ من خلال تجنب بعض الأغذية الغنية به مثل اللحوم المقددة والمعلبات والأغذية المصنعة والوجبات السريعة. كما لا بد من قراءة بطاقة البيان بدقة من أجل البحث عن كمية الصوديوم في المنتج الغذائي والتي من الممكن أن ترد وفق عدة تسميات منها مركبات المونو صوديوم غلوتامات أو ألجينات الصوديوم أو نترات الصوديوم أو نتريت الصوديوم أو ثنائي فوسفات الصوديوم أو بيكربونات الصوديوم أو خميرة الخبز.

البروتينات الحيوانية Animal proteins

تحوي البروتينات الحيوانية على البورين الذي يتحطم في الجسم إلى حمض البول، وبالتالي يجب التقليل من الأطعمة الغنية بالبروتينات الحيوانية كاللحوم خاصةً العضلية مثل الكبد والدجاج والبيض والأسماك عند الأشخاص المؤهبين لتشكل حصيات حمض البول.

كذلك تقوم البروتينات الحيوانية بتحفيز تشكل حصيات الكلس من خلال زيادة إطراح الكالسيوم عبر البول وتقليل إطراح السترات.

الكالسيوم Calcium

من المهم التأكيد أن تناول الكالسيوم عبر الغذاء لا يزيد من خطر تشكل الحصيات الكلوية. حيث يرتبط الكالسيوم مع الأوكسالات الغذائية في الجهاز الهضمي ويمنع دخولها إلى الدورة الدموية وبالتالي يقي من تراكم الأوكسالات في البول. لذلك يُنصح الأشخاص المؤهبين للإصابة بحصيات الأوكسالات بتناول ما لا يقل عن 800 ملغ من الكالسيوم يومياً.

الأوكسالات Oxalate

تتشكل كميات قليلة من الأوكسالات في الجسم إلا أن تناول الأغذية الغنية بالأوكسالات هو ما يُحرض على تشكل حصيات أوكسالات الكالسيوم. لذلك يجب تجنب الإكثار من الأطعمة الغنية بالأوكسالات أهمها السبانخ، البامية، المكسرات، دقيق الحبوب الكاملة، التوت، الصويا. كما يُوصى بتجنب تناول مكملات الفيتامين C بسبب تحوله في الجسم إلى أوكسالات.

المحاضرة الرابعة

المواد الدسمة

Fats

لمحة عامة

تشبه المواد الدسمة بقية المركبات العضوية فهي تتألف من هيكل كربوني يرتبط مع شوارد هيدروجين وأكسجين، كما تحتوي بعض المواد الدسمة على النتروجين والفوسفور والكبريت. تتميز المواد الدسمة بالمقارنة مع البروتينات والسكريات بأنها غير منحلة بالماء ويستثنى من ذلك بعض الحموض الدسمة أهمها الحموض الدسمة قصيرة السلسلة ومتوسطة السلسلة.

تلعب الحموض الدسمة دور هام في الاستقلاب (توليد وتخزين الطاقة)، كما أنها تشكل الوحدة الأساسية في بناء الأغشية الخلوية وتنظم عمل بعض الجينات. كما أن الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع تعتبر الوحدة الأساسية لاصطناع الإيكوزانوئيدات. بالإضافة لذلك تعمل بعض الحموض الدسمة وأملاحها كعوامل استحلابية نظراً لخواصها المذبذبة وتشكيلها للمسيلات.

تصنف المواد الدسمة في أربع مجموعات أساسية هي: الدسم البسيطة simple والدسم المعقدة complex والدسم المشتقة derived والدسم الاستحلابية miscellaneous.

الدسم البسيطة simple	يقصد بها الحموض الدسمة المؤسترة مع الكحولات مثل الغليسيرول وتشمل الدسم والشموع واسترات الفيتامين A و D واسترات الكولسترول
الدسم المعقدة complex	يقصد بها الحموض الدسمة المؤسترة مع الكحولات بالإضافة لمجموعات وظيفية أخرى مثل الفوسفوليبيدات والغليكوليبيدات والليبوبروتينات والليبوبولي سكاريدات
الدسم المشتقة derived	يتم الحصول عليها من حلمهة الدسم البسيطة أو المعقدة وتشكل الحموض الدسمة والكحولات والفيتامين D و A والستيرولات والستيروئيدات
الدسم الاستحلابية miscellaneous	تشمل الكاروتينوئيدات والفيتامين E و K والسكوالين

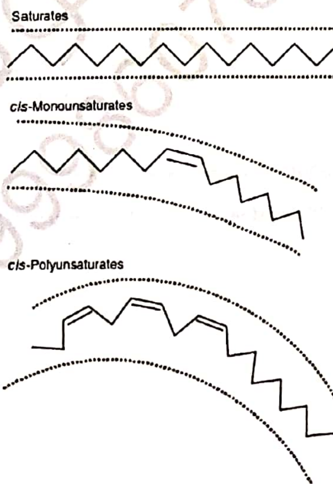
تعتبر الحموض الدسمة أهم مكون للمادة الدسمة وتختلف هذه الحموض بالطول لتصل حتى 30 ذرة كربون وتشمل على مجموعة كربوكسيلية. تعتبر تسمية الحموض الدسمة من الأمور المعقدة وتشمل أكثر من طريقة وآلية، أما الطريقة المبسطة فتشمل وضع عدد ذرات الكربون وعدد الروابط المضاعفة ومكان الرابط المضاعف الأول. فمثلاً زيت النخيل palmitate (16:0)، حمض اللينوليات linoleate (18:2 n-6).

من بعض طرق التسمية القديمة والتي لاتزال مستعملة في بعض الحالات: aliphatic (حموض دسمة مشبعة)، olefinic (غير مشبعة)، allylic (ذرة كربون مشبعة مجاورة لذرة كربون غير مشبعة)، double allylic (ذرة كربون مشبعة بين ذرتي كربون غير مشبعتين).

Table 6.2 Nomenclature of common fatty acids

Saturated	Monounsaturated	Polyunsaturated
Formic (1:0)	Lauroleic (12:1n-3)	Linoleic (18:2n-6)
Acetic (2:0)	Myristoleic (14:1n-5)	γ-Linolenic (18:3n-6)
Propionic (3:0)	Palmitoleic (16:1n-7)	Dihomo-γ-linolenic (20:3n-6)
Butyric (4:0)	Oleic (18:1n-9)	Arachidonic (20:4n-6)
Valeric (5:0)	Elaidic (trans-18:1n-9)	Adrenic (22:4n-6)
Caproic (6:0)	Vaccenic (18:1n-7)	n-6 Docosapentaenoic (22:5n1-6)
Caprylic (8:0)	Petroselinic (18:1n-12)	α-Linolenic (18:3n-3)
Capric (10:0)	Gadoleic (20:1n-11)	Stearidonic (18:4n-3)
Lauric (12:0)	Gondoic (20:1n-9)	Eicosapentaenoic (20:5n-3)
Myristic (14:0)	Euricic (22:1n-9)	n-3 Docosapentaenoic (22:5n-3)
Palmitic (16:0)	Nervonic (24:1n-9)	Docosahexaenoic (22:6n-3)
Margeric (17:0)		
Stearic (18:0)		
Arachidic (20:0)		
Behenic (22:0)		
Lignoceric (24:0)		

تشغل الحموض الدسمة المشبعة مساحة في الفراغ أقل من التي يشغلها الحمض الدسم غير المشبع والذي يملك نفس عدد ذرات الكربون.



الحموض الدسمة قصيرة ومتوسطة السلسلة SCFAs & MCFAs

تكون الحموض الدسمة قصيرة السلسلة (أقل من 6 ذرات كربون) منحلة في الماء، حيث تتواجد بشكل أساسي في الأغذية الحاوية على مشتقات الحليب. كما تنتج الحموض الدسمة قصيرة السلسلة (1–6 ذرات كربون) من تخمر المواد الكربوهيدراتية في الأمعاء الغليظة وتستعمل للطاقة كما تدخل في بعض الطرق الأخرى.

أما الحموض الدسمة متوسطة السلسلة (6–14 ذرة كربون) فتنتج إما خلال المراحل الوسطية لاصطناع الحموض الدسمة طويلة السلسلة أو من خلال استهلاك زيت جوز الهند أو الحليب.

الحموض الدسمة طويلة السلسلة LCFAs

الحموض الدسمة طويلة السلسلة (أكثر من 14 ذرة كربون) تعتبر المكون الرئيسي للدسم في مختلف الأغذية. يعتبر حمض النخيل وحمض الشمع أهم الحموض الدسمة طويلة السلسلة المتواجدة في الجسم ومصدرها إما الغذاء أو الاصطناع الحيوي. يتواجد زيت النخيل (16:0) palmitic acid في المشتقات النباتية والحيوانية، أما حمض الشمع (18:0) فيوجد بكميات كبيرة في المشتقات الحيوانية وبكميات صغيرة جداً في المشتقات النباتية.

وبشكل عام يعمل الجسم على إطالة سلسلة البالميتات لاصطناع العديد من الحموض الدسمة الأخرى ولا يحوي الجسم على حموض دسمة أطول من 24 ذرة كربون إلا في بعض الحالات المرضية (خلل وراثي في أكسدة الحموض الدسمة).

يعتبر حمض النخيل وحمض الشمع من أهم مكونات الأغشية الخلوية، أما الأغشية الخلوية في الدماغ فتحتوي على الحموض الدسمة الحاوية على 20–24 ذرة كربون والتي يتم عادةً اصطناعها في الدماغ مباشرةً. يمكن عادةً الحفاظ على بنية أغشية خلوية سليمة بدون أي وارد غذائي من هذه الحموض الدسمة. وبالمقارنة مع الحموض الدسمة غير المشبعة ترتبط الحموض الدسمة طويلة السلسلة مع زيادة خطر الأمراض القلبية الوعائية.

يمكن الاستغناء بشكل كامل عن الحموض الدسمة المشبعة في الغذاء حيث يستطيع الجسم اصطناعها بشكل كامل، حتى أن الدماغ لا يحصل أبداً على حاجته منها من الغذاء بل يصطنعها بشكل ذاتي دوماً.

يمكن بدء العد في الحمض الدسم انطلاقاً من المجموعة الكربوكسيلية ويأخذ أول كربون الرمز α ويرمز لأول رابط مضاعف بالرمز Δ متبوعاً بمكان توضع الرابط المضاعف أو يمكن بدء العد من المجموعة المتيلية أي من الكربون ω أو الكربون n.

$$\underset{\omega}{CH_3}-(CH_2)_n-\underset{\beta}{CH_2}-\underset{\alpha}{CH_2}-COOH$$

ω-characteristics	Methyl end	Carboxyl end	Saturation	Δ-characteristics
Stearic 18:0		COOH	Saturate	18:0
Oleic 18:1, ω-9	9 9	COOH	Monoene	18:1 Δ9
Linoleic 18:2, ω-6	6 9	COOH	Polyene	18:2 Δ9,12
α-Linolenic 18:3, ω-3	3 15 12 9	COOH	Polyene	18:3 Δ9,12,15
EPA 20:5, ω-3	3 17 14 11 5 8	COOH	Polyene	20:5 Δ5,8,11,14,17
DHA 22:6, ω-3	3 19 16 13 10 7 4	COOH	Polyene	20:6 Δ4,7,10,13,16,19

الحموض الدسمة وحيدة عدم الإشباع MUFAs

إن أهم الحموض الدسمة وحيدة عدم الإشباع في الغذاء فهي oleate (18:1n-9) و palmitoleate (16:1n-7)، وتتواجد هذه الحموض الدسمة في الجسم إما في الأغشية الخلوية أو في المخازن.

يعتبر الغذاء هو المصدر الرئيسي لحمض oleate على الرغم من قدرة الجسم على اصطناعه من خلال desaturation لحمض stearate. كما ويعتبر oleate مصر للعديد من الحموض الدسمة طويلة السلسلة وحيدة عدم الإشباع الضرورية لتركيب myelin.

الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع PUFAs

يعتبر linoleic acid (18:2 n-6) أكثر الحموض الدسمة في الزيوت النباتية، أما حمض الأراشيدونيك arachidonic acid (20:4 n-6) فهو المكون الرئيسي لبنية الأغشية الخلوية الحيوانية ومع ذلك فإن توافره الغذائي منخفض جداً. يوجد حمض α-linolenic acid (18:3 n-3) في بعض الزيوت النباتية مثل زيت الصويا والكتان والطحالب البحرية. وتبقى الأسماك هي المصدر الوحيد والرئيسي لحمضي EPA (20:5n-3) و DHA (22:6n-3).

لا يمكن للجسم اصطناع الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع linoleic acid و α-linolenic acid لذلك تعرف باسم الحموض الدسمة الأساسية.

لا يستطيع الجسم التحويل بين الحموض الدسمة أوميغا 3 و 6 و 9.

كما أن مختلف الحموض الدسمة أوميغا 3 و 6 تتنافس على استعمال نفس الطريق ونفس الإنزيمات كما هو موضح في الشكل السابق، وتؤكد الدراسات أن هذه الإنزيمات تفضل الحموض الدسمة الأكثر عدم إشباع وبالتالي فإنه في حال توافر كميات من الأوميغا 3 و 6 فإن التفاعل سوف يسير نحو تشكل كميات أكبر من الأراشيدونات arachidonate. وبالتالي فإن كثرة استهلاك الزيوت النباتية قد تكون أحد أسباب عوز n-3 PUFAs.

الحموض الدسمة المهدرجة

تنشأ الحموض الدسمة trans عادةً من هدرجة الحموض الدسمة غير المشبعة خلال العمليات التصنيعية التي تخضع لها الزيوت إلا أن البعض منها ينتج بشكل طبيعي.

بشكل عام إن تفاعل إضافة ذرة هيدروجين يؤدي إلى تغير في الشكل الفراغي للحمض الدسم كما هو موضح في الشكل أدناه.

يزداد عدد الإيزوميرات ترانس بزيادة عدد الروابط المضاعفة فيملك oleate مماكب trans وحيد بينما يملك linoleate ثلاث مماكبات trans و 7 مماكبات ترانس للحمض linolenate.

المصادر الغذائية للحموض الدسمة ترانس وفقاً لمنظمة FDA 2003 هي: 40$ من الكعك والحلويات والخبز، 20% من المنتجات الحيوانية، 15% من المارغارين، 10% من البطاطا المقلية والشيبس والبشار.

الدسم والزيوت

الدسم هي عبارة عن استرات الحموض الدسمة مع الغليسيرول لتشكل TGAs عادةً على الرغم من أن monoacylglycerols و diacylglycerols تنتج خلال الهضم وخلال العمليات التصنيعية للغذاء.

تحتوي الزيوت النباتية على كمية أعلى من الحموض الدسمة غير المشبعة والتي تتميز بدرجات انصهار منخفضة، بينما تحتوي الدسم الحيوانية على كمية أعلى من الحموض الدسمة المشبعة مرتفعة درجة الانصهار.

إن طول السلسلة الهيدروكربونية وعدد الروابط المضاعفة هو ما يحدد الخواص الفيزيائية للمادة الدسمة حيث أن المواد الدسمة الحاوية على حموض دسمة (14 carbons<، لا روابط مضاعفة) تكون صلبة في درجة حرارة الغرفة، بينما تحوي الزيوت النباتية على حموض دسمة تملك روابط مضاعفة ويعود ذلك للتوضع الفراغي لذرات الكربون.

بالإضافة لذلك فإن الدهون الحيوانية تحوي كميات مرتفعة من الكولسترول بينما لا تحوي النباتات على الكولسترول نهائياً وقد تحوي على الفيتوستيرولات.

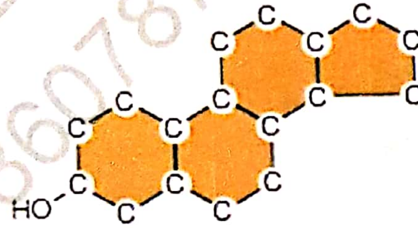
يستعمل الجسم TGAs لتوليد الطاقة وبالتالي تصنف هذه الدسم من الدسم الاستقلابية لتمييزها عن الدسم البنيوية التي تدخل في تركيب الأغشية الخلوية.

الفوسفوليبيدات Phospholipids

تحوي الفوسفوليبيدات على جزئين غير قطبيين وعلى رأس قطبي محب للماء، مما يجعل هذه الدسم ذات خواص amphiphilic. تعتبر الفوسفوليبيدات من الدسم الهامة حيوياً في تكوين الأغشية الخلوية.

يتألف الرأس القطبي من مجموعة فوسفاتية وحمض أميني (choline, serine, ethanolamine) أو مادة سكرية (inositol) أو كحول (glycerol). يعتبر الفوسفاتيديل كولين (lecithin) أكثر الفوسفوليبيدات المنتشرة في الأنسجة الحيوانية بينما تحوي الأنسجة النباتية على الفوسفاتيديل غليسيرول (glycosides).

الستيرولات



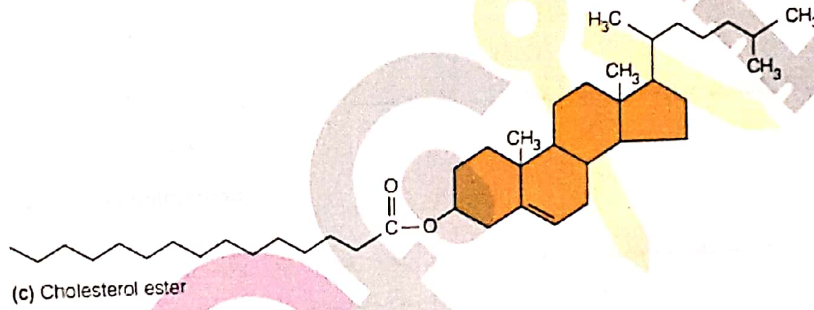
(a) Sterol ring structure

تحتوي الأغذية الحيوانية والنباتية على الستيرولات، الفيتوستيرولات والكولسترول على التوالي.

يملك الكولسترول العديد من الوظائف الهامة على الرغم من عدم حاجة الجسم للوارد الغذائي منه حيث أنه يستطيع اصطناعه داخلياً:

- مكون رئيسي للغشاء الخلوي.
- مركب ضروري لاصطناع الحموض الصفراوية الضرورية لهضم المواد الدسمة.
- مركب وسطي لاصطناع الهرمونات الستيروئيدية.

يوجد الكولسترول في الغذاء على شكل استرات يرتبط فيها الكولسترول مع أحد الحموض الدسمة كما هو موضح في الشكل:



(c) Cholesterol ester

يعتبر صفار البيض المصدر الرئيسي للكولسترول الغذائي حيث يحوي 1 غرام من صفار البيض على 100-150 ملغ كولسترول.

تعتبر الستيرولات كحولات ثنائية تنتمي لمجموعة polyisoprenoids أو (terpenes) terpinoids. وتضم مجموعة التربينات أيضاً كل من السكوالين والكاروتينوئيدات.

تعتبر الجراثيم هي الكائن الحي الحيواني الوحيد الذي لا يحوي على كولسترول.

الدسم الغذائية

يلخص الجدول التالي تواجد المواد الدسمة في الأغذية

Table 6.3 Common food sources of lipids

Cholesterol	Eggs, shellfish, organ meats
Phytosterols	Soya products, olive oil
Short-chain fatty acids (1–6 carbons)	Milk fat
Medium-chain fatty acids (8–14 carbons)	Milk fat, coconut fat
Long-chain fatty acids (16–20 carbons)	Saturates: animal fat, shortening, butter, palm oil, peanuts Monounsaturates: olive, canola oils Linoleate: sunflower, safflower, corn oils, soyabean α-Linolenate: flaxseed oil, canola, soyabean oil, walnuts γ-Linolenate: evening primrose oil, borage oil, blackcurrant seed oil Stearidonate: blackcurrant seed oil Arachidonate: lean meat and organ lipids Eicosapentaenoate: marine cold-water fish, shellfish, some seaweeds Docosahexaenoate: marine cold-water fish, shellfish *Trans* fatty acids: partially hydrogenated fats and oils

كما ذكرنا سابقاً بوجد الكوالسترول فقط في الأغذية الحيوانية بينما تحوي الأغذية النباتية على الفيتوستيرولات مثل السيتوستيرول والكامبيستيرول. أما الفوسفوليبيدات فتوجد في حبوب الصويا واللحوم والحليب وصفار البيض وفي زيوت البذور النباتية. وتعتبر الأسماك المصدر الوحيد للحموض الدسمة أوميغا 3 EPA و DHA.

تتميز المواد الدسمة في الحليب بأنها تشبة في بنتيها الليبوبروتينات حيث تحاط جزيئات المواد الدسمة بغلاف بروتيني.

توصي الدراسات بأن توفر المواد الدسمة حوالي 35–40% من الوارد الحروري اليومي.

ومن ثم يستعمل الجسم المواد الدسمة لغايتين هما:

- غاية بنائية في الأغشية الخلوية.
- غاية تخزينية.

تعتبر الحموض الدسمة المشبعة طويلة السلسلة (16-24 ذرة كربون) والحموض الدسمة وحيدة عدم الإشباع ومتعددة عدم الإشباع المكون الرئيسي لكلا نوعي المواد الدسمة الموجودة في الجسم. حيث تتميز الحموض الدسمة المؤلفة للأغشية الخلوية بثلاث ميزات هي:

- لا يمكن للحموض الدسمة المؤلفة لبنية الأغشية الخلوية أن تتحرر لتعطي الطاقة.
- تحتوي الأغشية الخلوية على النسبة الأعلى من الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع.
- تعتبر الحموض الدسمة المشكلة للأغشية الخلوية أكثر تنوعاً وتحوي على كميات أقل من TAGs.

بينما تشكل TAGs أهم المواد الدسمة التخزينية في الجسم وتتألف من palmitate (20-30%)، stearate (10-20%)، oleate (45-55%)، linoleate (10-15%). ويعبر توزع الحموض الدسمة في الجسم fatty acid profile عن المواد الدسمة في الحمية الغذائية المتبعة.

تختزن الدسم بشكل رئيسي تحت الجلد وفي المناطق الحشوية وتستجيب الدهون المخزنة بشكل مختلف للعوامل المحرضة على التراكم والتحرر. فمثلاً تتحرر الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع بسرعة أكبر من المخازن بالمقارنة مع TAG.

التأثير الغذائي لمختلف المواد الدسمة على الجسم

يحافظ الدماغ على محتوى الأغشية الخلوية فيه من الحموض الدسمة بشكل دقيق جداً، بينما يتغير محتوى بقية الغشية الخلوية من مختلف الحموض الدسمة وفق الوارد الغذائي. وبشكل عام عندما تسبب الحمية الغذائية تغير في المحتوى من الحموض الدسمة للأغشية الخلوية يعمل الجسم على الحفاظ على نفوذية هذه الأغشية من خلال تغيير مستويات الكولسترول فيها.

إن الصيام المتبوع بتناول حميات مرتفعة الوارد من المواد الكربوهيدراتية يسبب زيادة في اصطناع الحموض الدسمة وبالتالي ازدياد محتوى الجسم من الحموض الدسمة المشبعة ووحيدة عدم الإشباع على حساب الحموض الدسمة PUFAs.

يؤدي تناول حمية مرتفعة الوارد من النحاس إلى زيادة فعالية $\Delta 9$ desaturase مما يزيد من مستويات oleate.

يتناسب الوارد الغذائي من PUFAs عكساً مع مستويات الكولسترول في الدم ومنه تم وضع المعادلة P:S التي تربط بين مستويات الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع إلى الحموض الدسمة المشبعة في الحمية الغذائية. كما أن MUFAs تلعب دوراً رئيسياً في تخفيض مستويات LDL ورفع مستويات HDL.

يزداد تراكم الدهون خلال الحمل إلا أن التوزع يبقى نفسه كما هو موضح في الجدول السابق، إلا أن نسبة الحموض الدسمة PUFAs تزداد خلال النصف الثالث من الحمل مما يستدعي تناول بعض المكملات الحاوية على DHA بشكل خاص. أما بعد الولادة فإن مستويات الكولسترول في الدماغ عند الرضيع تزداد بسرعة من 40 إلى 50% من مجموع المواد الدسمة في الدماغ، كما أن تطور الميلين يستدعي كميات مرتفعة من DHA.

وبشكل عام تكون الحموض الدسمة المشبعة ووحيدة عدم الإشباع هي الأكثر توافراً في المخازن الشحمية، بينما يكون هنالك توازن بين الحموض الدسمة المشبعة ووحيدة عدم ومتعددة عدم الإشباع في الدسم البنيوية. وتكون DHA هي الأكثر توافراً في الأغشية المتخصصة أهمها في الملتحمة والدماغ.

حاجة الجسم من المواد الدسمة

توصي الدراسات بأن تشكل المواد الدسمة حوالي 35% من الوارد الحروري اليومي. على أن لا تزيد نسبة الحموض الدسمة المشبعة عن 7% من الوارد الحروري اليومي وكمية الكولسترول عن 300 ملغ والحموض الدسمة ترانس أقل من 1% من الوارد الحروري اليومي. كذلك يجب أن تشكل linoleic acid و α-linolenic acid نسبة 1-2% من الوارد الحروري اليومي.

كما توصي الدراسات بتناول 500 ملغ من EPA و DHA يومياً، وذلك من خلال تناول حصتين من السمك الدهني أسبوعياً.

بعض المصطلحات الهامة

خالي من الدسم fat-free: أي يحوي على أقل من 0.5 غرام من الدسم في الوجبة الواحدة.

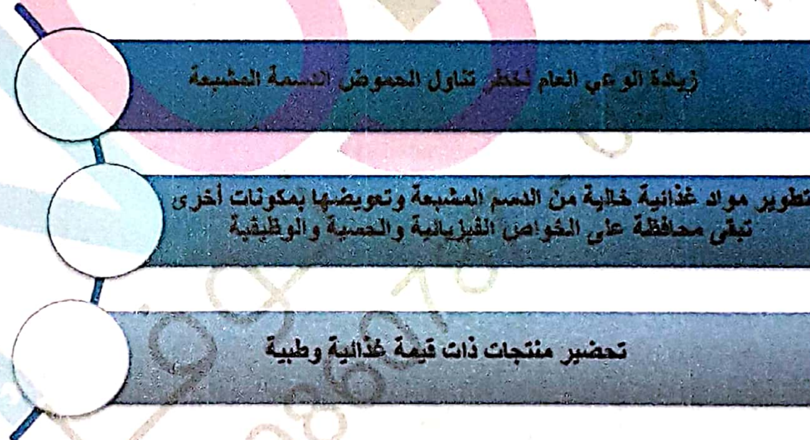
منخفض الدسم low-fat: أي يحوي على أقل من 3 غرام من الدسم في الوجبة الواحدة.

قليل الدسم reduced fat: أي أنه مخفض الدسم بنسبة لا تقل عن 25% بالمقارنة مع المنتج الأصلي.

خفيف الدسم light: أي أنه مخفض الدسم بنسبة لا تقل عن 50% بالمقارنة مع المنتج الأصلي.

بدائل الدسم

لماذا تم التوجه نحو بدائل المواد الدسمة؟

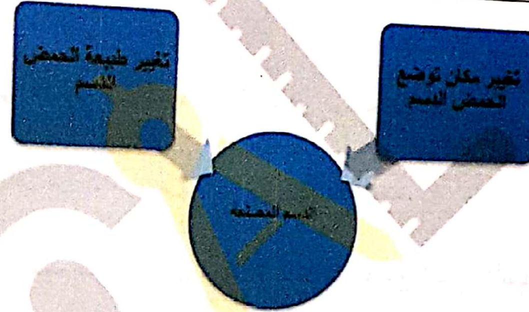




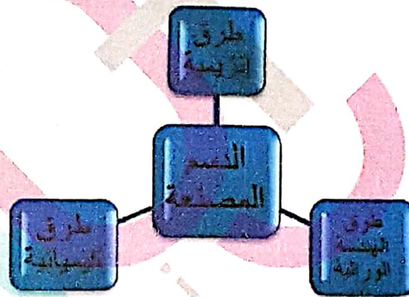
أولاً: البدائل الطبيعية

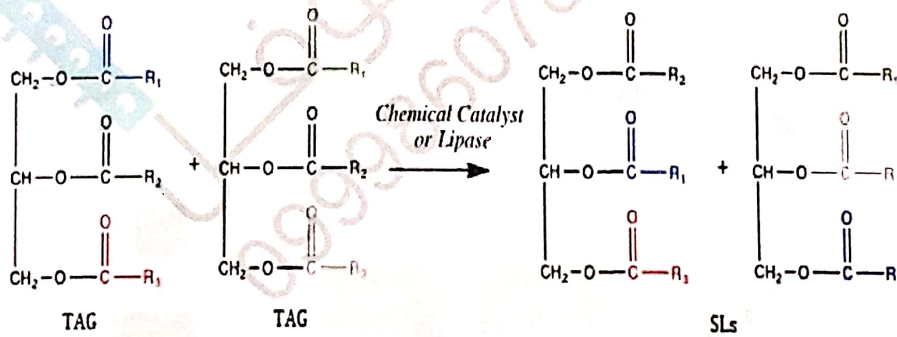
- البروتينات مجهرية الجسيمات Microparticules proteins: يعتمد الشعور الفموي للمواد على تركيبها الكيميائي وعلى حجم الجسيمات، إن جزيئات البروتين التي تملك أبعاداً بين 0.1-3 ميكرون تعطي شعوراً قشدياً في الفم.
- الكربوهيدرات: تستعمل بوليمرات الكربوهيدرات كبدائل للدسم مثل بعض أنواع النشاء المقاوم والتي تتميز بقوامها الهلامي المشابه لقوام الزيوت.

ثانياً: البدائل الصنعية

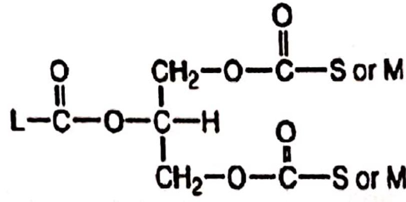


ويتم ذلك من خلال واحدة من الآليات التالية:



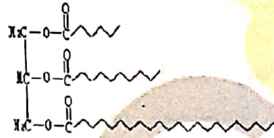


الصيغة العامة للدسم المصنعة



بعض الأمثلة عن الدسم المصنعة

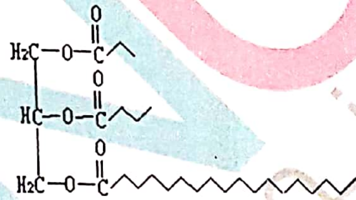
من أحد أهم أمثلتها caprenin، حيث تم الحفاظ على جزيئة الغليسيرول وتم إضافة ثلاث حموض دسمة هي:



- حمض الكابريليك C8
- حمض الكابريك C10
- حمض البهنيك C22

لا يوجد الكابرينين بشكل طبيعي لذلك فهو نموذج عن المواد الدسمة المصنعة. عندما يتم هضم هذا المركب فإنه يتفكك إلى مكوناته وهي عبارة عن الغليسيرول وثلاث جزيئات من الحموض الدسمة. لا يستقلب حمض البهنيك المتشكل إلا أنه يمتص، بينما يتم استقلاب بقية المكونات (الغليسيرول وحمض الكابريك وحمض الكابريليك) وبالتالي فإن كمية الحريرات المتشكلة تكون أقل (5 كيلوحريرة/غرام).

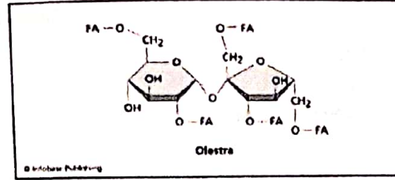
يعتبر السالاتريم salatrim نموذجاً آخراً عن المركبات الدسمة الصناعية المستعمل تجارياً. وهو عبارة عن مجموعة من المركبات المؤلفة من استر الغليسيرول مع حموض دسمة قصيرة السلسة أهمها:



- حمض الإيتانوئيك C2
- حمض البروبانوئيك C3
- حمض البوتانوئيك C4
- وأخرى طويلة السلسلة أهمها حمض الستياريك C18.

تعطي هذه الجزيئة حوالي نصف كمية الحريرات التي تعطيها المواد الدسمة الطبيعية. حيث لا تتجاوز نسبة امتصاص حمض الشمع 50%، أما بقية الحموض الدسمة فهي تتحلمه بسهولة بواسطة الليباز.

يعتبر الأوليسترا Olestra أحد أشهر المواد الدسمة الصناعية وقد تم تطويره سنة 1968 من قبل العالمين Volpenheim and Mattson. عمل هذان الباحثان على إيجاد نوع جديد من المواد الدسمة يمكن هضمه بسهولة من قبل الأطفال الخدج وتوصلا نتيجة الأبحاث الطويلة إلى إنتاج الأوليسترا وهو مادة تملك العديد من خواص المواد الدسمة أهمها الطعم إلا أنه يعبر الجهاز الهضمي دون أن يهضم.



Chemical structure of olestra

ينتمي الأوليسترا إلى مجموعة بولي استرات السكروز polyesters sucrose وهي جزيئات بنيتها الأساسية هي جزيئة سكروز يتم فيها استبدال زمرتي هيدروكسيل أو أكثر بحمض دسم كما هو موضح في الشكل السابق، حيث أن الأوليسترا تتألف من أربع حموض دسمة مرتبطة مع جزيئة السكروز. تتميز هذه الجزيئة الجديدة بكبر حجمها مما يعيق الإنزيمات على هضمها وتحطيمها وبالتالي تعبر الجهاز الهضمي دون أن تهضم أو تمتص أو تستقلب.

ازداد الطلب من قبل منتجي الأغذية على الأوليسترا وانتشر استعماله نظراً لطعمه المشابه للمواد الدسمة وعدم إعطائه للحريرات، حيث استعمل لتحضير رقائق البطاطا (chips). حيث إن كل 25 غرام من الرقائق الاعتيادية تحوي ما لايقل عن 10 غرام من المواد الدسمة وتعطي ما يقارب 150 كيلو حريرة، بينما تحوي 25 غرام من الرقائق المحضرة باستعمال الأوليسترا على 9 غرام من المواد الدسمة ولا تتجاوز كمية الحريرات فيها 70 كيلوحريرة ناتجة عن المكونات الأخرى عدا المواد الدسمة.

سمحت منظمة FDA باستعمال الأوليسترا سنة 1996 لعدد محدود من المنتجات الغذائية وسوقت تحت اسم منتجات غذائية خالية من المواد الدسمة Free Fat.

بينت الأبحاث أن الأوليسترا يرتبط مع بعض المواد الغذائية الضرورية ويمنع امتصاصها مثل الفيتامينات المنحلة بالدسم والكاروتينوئيدات والليكوبين.

المحاضرة الخامسة

الأكسدة الذاتية للمواد الدسمة

Lipid's autoxidation

مقدمة Introduction

تعتبر الأكسدة الذاتية للمواد الدسمة أحد أهم أسباب قصر فترة حفظ العديد من المواد الغذائية. تتميز أغلب الموادالدسمة بقابليتها للأكسدة منها الغليسيريدات الثلاثية والفوسفوليبيدات. سوف نهتم خلال هذا البحث بالتعرف على آلية الأكسدة الذاتية للمواد الدسمة وطرق الكشف عنها والتنبؤ بفترة الحفظ المناسبة للمادة الغذائية، كما سنتعرف على طرق تجنب أو تأخير أكسدة المواد الدسمة باستعمال المواد المضادة للأكسدة وأنواعها المختلفة وآلية تأثيرها.

لابد من التنويه أن أكسدة المواد الدسمة في الأغشية الخلوية والبروتينات الدسمة والبنى الأخرى الحاوية على مواد دسمة في الجسم هي سبب في العديد من الاضطرابات في العضوية الحية التي تعرف باسم التخرب الناتج عن الأكسدة oxidative damage.

إن تخرب المواد الغذائية نتيجة أكسدة المواد الدسمة يمر بمرحلة بدئية تكون فيها عملية الأكسدة بطيئة جداً تسمى induction period IP.

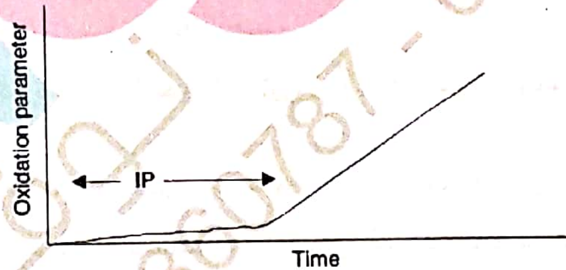


Fig. 7.1 Typical change in a fat during oxidation showing the presence of an induction period (IP).

بعدها يكون التخرب سريعاً كما هو واضح في المخطط السابق. قد تطول أو تقصر فترة IP باختلاف العوامل المحيطة، حيث يؤدي وجود بعض المعادن في الوسط مثل الحديد أو النحاس إلى تقصير هذه المرحلة والإسراع في عملية الأكسدة وتسمى هذه المعادن pro-oxidants، كما قد تطول هذه الفترة باستعمال تراكيز منخفضة من المواد المضادة للأكسدة antioxidants مثل α-tocopherol.

إن آلية تفاعل أكسدة المواد الدسمة يعتمد على تشكل الجذور الحرة ويتم عبر ثلاث خطوات رئيسية:

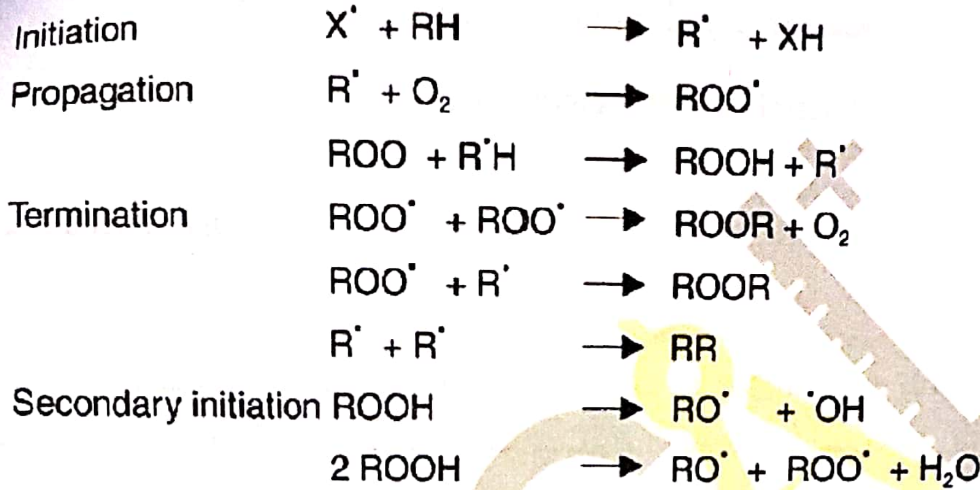
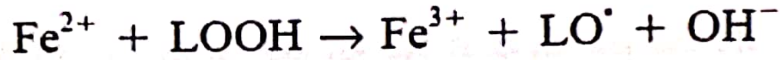


Fig. 7.2 Mechanism of autoxidation.

يتم في مرحلة البدء Initiation تشكل الجذور الحرة انطلاقاً من جزيئات المواد الدسمة وتتحرض هذه المرحلة بتأثير نوعين من المواد:

- جذور حرة مختلفة مثل جذور البيروكسيل أو الهيدروكسيل أو الأكسيل والتي تنتج عن تفاعل إرجاع فوق أكسيد الهيدروجين (hydrogen peroxide) بتأثير معدن الحديد.
- مواد أخرى مختلفة عن الجذور الحرة مثل الأكسجين أو الأوزون أو فوق أكسيد النتريت.

مرحلة التحريض الثانوي secondary initiation: بشكل عام تحوي الزيوت النباتية على كميات قليلة من مركبات فوق الأكاسيد ROOH التي تتشكل بتأثير الليبوأكسجيناز lipoxygenase على النباتات المختلفة قبل وخلال عملية الاستخلاص. يتطلب تفاعل تفكك فوق الأكسيد ROOH طاقة تنشيط منخفضة وبالتالي فهو من التفاعلات التي يمكن أن تتم بسهولة ويعتبر السبب الرئيسي لبدء تفاعل أكسدة المواد الدسمة في الزيوت النباتية المختلفة. بشكل عام تتم هذه المرحلة نتيجة تحفيز بعض العناصر المعدنية، ولا تعتبر فوق الأكاسيد hydroperoxides ضارة على نوعية الغذاء، بينما تتحطم هذه المركبات لتشكل المركبات المسؤولة عن رائحة التزنخ.



$$Fe^{2+} + LOOH \rightarrow Fe^{3+} + LO^{\bullet} + OH^{-}$$

تعتبر مرحلة الانتشار propagation هي المرحلة الثانية لأكسدة المواد الدسمة والتي يتم خلالها تحول الجذور الحرة للمواد الدسمة من شكل إلى شكل آخر، حيث يتم خلال هذه المرحلة نزع ذرة هيدروجين من المركب أو إضافة الأكسجين إلى الجذر الألكيلي الحر للمادة الدسمة. تكون طاقة التنشيط اللازمة لتفاعلات مرحلة الانتشار أقل بالمقارنة مع تفاعل مرحلة البدء وبالتالي تعتبر مرحلة الانتشار سريعة. وبشكل عام يكون تفاعل الجذر الألكيلي الحر مع الأكسجين سريع بالمقارنة مع تفاعل نزع الهيدروجين لذلك يكون تركيز جذور فوق الأكاسيد الحرة أعلى من تركيز الجذور الحرة الألكيلية.

تتحطم فوق الأكاسيد hydroperoxides المتشكلة لتحرر العديد من المركبات منها الفحوم الهيدروجينية الطيارة والكحولات الطيارة وغير الطيارة والألدهيدات الطيارة وغير الطيارة والكيتونات وهي عبارة عن النواتج الثانوية للأكسدة secondary oxidation products.

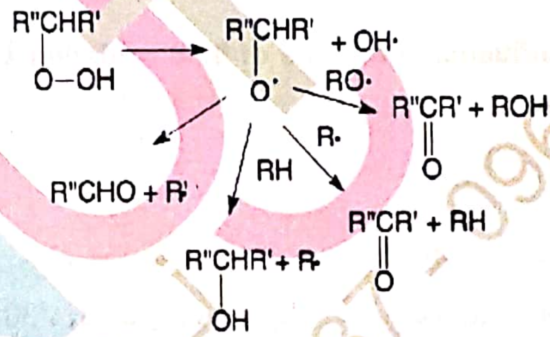
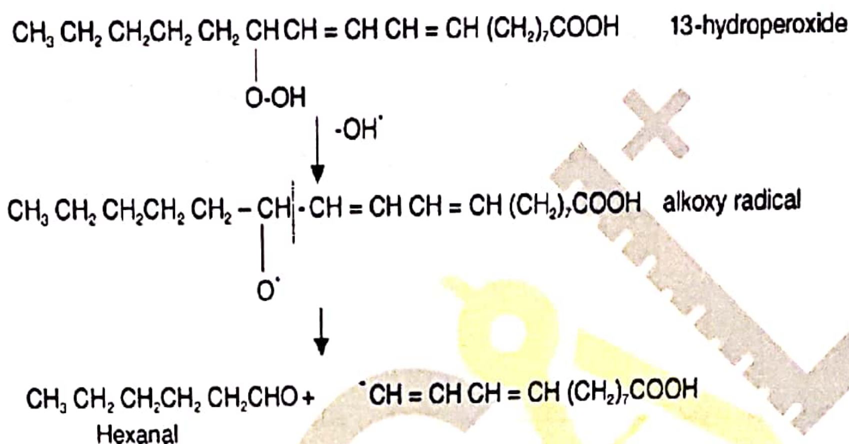


Fig 7.3 Formation of secondary oxidation products by hydroperoxide decomposition.

تعتبر الألدهيدات الطيارة هي المسؤولة عن رائحة تزنخ المواد الدسمة ويتم عادة تحديد تركيز الهكسانال hexanal لتحديد درجة ترقي التزنخ.



تستمر تفاعلات الانتشار من 10-100 مرة قبل أن يرتبط جذرين حرين مع بعضهما البعض لإنهاء التفاعل.

العوامل المؤثرة في أكسدة المواد الدسمة factors influencing the rate of lipid oxidation

أولاً: تأثير درجة الحرارة

يؤدي رفع درجة الحرارة إلى تقليل الزمن اللازم لبدء التفاعل. حيث يحتاج تشكل 50 ميلي مكافئ/كغ من البيروكسيد في زيت عباد الشمس إلى 5 أيام بدرجة الحرارة 30°م وتنخفض هذه المدة إلى 3 أيام بدرجة الحرارة 50°م.

ثانياً: طبيعة المواد الدسمة

بشكل عام كلما انخفضت طاقة الروابط كلما ازدادت سرعة التفاعل، لذا تعتبر الحموض الدسمة المشبعة مركبات ثابتة بينما تزداد سرعة التفاعل في الحموض الدسمة غير المشبعة PUFA. تزداد سرعة تفاعل أكسدة الحموض الدسمة غير المشبعة أيضاً بزيادة درجة عدالإشباع فتكون سرعة تفاعل أكسدة الحموض الدسمة 18:2 أكبر بحوالي 12-40 مرة بالمقارنة مع الحموض الدسمة 18:1.

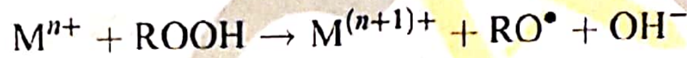
بالإضافة إلى الاختلاف في سرعة التفاعل فإن أكسدة الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع المختلفة يؤدي إلى تشكيل مركبات طيارة مختلفة. فمثلاً يؤدي أكسدة الحموض الدسمة n-3 إلى تشكل مركبات طيارة مسؤولة عن رائحة التزنخ بكميات أقل من تلك الناتجة عن الحموض الدسمة n-6.

ثالثاً: تأثير مضادات الأكسدة

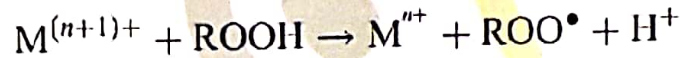
تعمل مضادات الأكسدة عبر العديدمن الآليات. فمنها ما يكبح الجذور الحرة المتشكلة في مرحلة البدء مما يعيق مرحلة الانتشار مثل المركبات الفنولية. كذلك تعمل بعض المركبات المضادة للأكسدة على مخلبة المعادن مثل حمض الليمون. أما بعض المركبات مثل حمض الأسكوربيك فهي تعمل من خلال خواصها المرجعة.

رابعاً: تأثير المعادن

تعمل المعادن مثل الحديد والنحاس كمواد محفزة لتفاعل الأكسدة pro-oxidants حتى بتراكيز قليلة من رتبة ppm أو أقل. بشكل عام تكون المعادن قاردة على تحفيز تحطم فوق الأكاسيد وبالتالي تنشيط بدء عملية الأكسدة:



$$M^{n+} + ROOH \rightarrow M^{(n+1)+} + RO^{\bullet} + OH^{-}$$



$$M^{(n+1)+} + ROOH \rightarrow M^{n+} + ROO^{\bullet} + H^{+}$$

خامساً: تأثير الإنزيمات

يعمل الليبوأكسجيناز lipoxygenase الموجود في الأنسجة النباتية والحيوانية على تواسط التفاعل بين الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع والأكسجين لتشكيل فوق الأكاسيد، كما تعمل بعض الإنزيمات الأخرى الموجودة في الأنسجة النباتية والحيوانية على تحفيز تشكيل بعض المركبات الطيارة انطلاقاً من فوق الأكاسيد خلال عملية التخزين. يمكن التخلص من إنزيم الليبوأكسجيناز بالحرارة مما يؤدي إلى إطالة فترة حفظ الأغذية الحاوية على المواد الدسمة.

سادساً: تأثير الرطوبة

يعتمد تركيز المادة الطيارة المسؤولة عن ظهور الرائحة على وسط التفاعل. بشكل عام فإن المركبات غير القطبية تكون مسؤولة عن رائحة التزنخ في الأوساط غير القطبية مثل الأوساط الزيتية. كما أن اختلاف الوسط الغذائي سوف يؤثر على سرعة تفاعل الأكسدة من خلال التأثير في اختلاف توزع العوامل المحفزة للأكسدة مثل المعادن والمواد المضادة للأكسدة بين الطورين المائي والزيتي. بشكل عام تكون المركبات المضادة للأكسدة القطبية أكثر فعالية في الزيوت، وتكون المركبات المضادة للأكسدة غير القطبية أكثر فعالية في المستحلبات زيت في ماء (وهذا ما يعرف بتناقض القطبية polar paradox). كما تكون المواد الممخلبة للمعادن أقل كمضاد للأكسدة في الأوساط المائية بالمقارنة مع الزيوت.

قياس ترقي الأكسدة في المواد الدسمة

تقسم الطرق المختلفة المستعملة لتحديد ترقي أكسدة المواد الدسمة في 5 مجموعات رئيسية:

- قياس كمية الأكسجين الممتصة
- انخفاض تركيز المواد المتفاعلة
- كمية الجذور الحرة المتشكلة
- كمية النواتج الأولية للأكسدة
- كمية النواتج الثانوية للأكسدة

أولاً: قياس كمية الأكسجين الممتصة

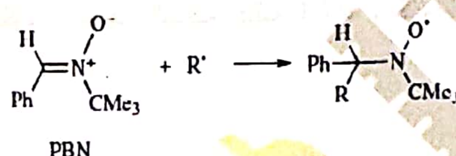
- زيادة الوزن: إن امتصاص الأكسجين خلال المرحلة الأولى من الأكسدة الذاتية للمواد الدسمة يؤدي إلى زيادة وزن المادة الغذائية، وهي من الطرق القديمة المستعملة لتحديد أكسدة المواد الدسمة.
- انخفاض الضغط الجوي المحيط بالعينة نتيجة امتصاص الأكسجين من الوسط المحيط، ويتم القياس عادة عند درجة الحرارة 100°م.

ثانياً: انخفاض تركيز المواد المتفاعلة

تعتبر الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع هي المركبات الأساسية التي تعاني من الأكسدة وبالتالي فإن مراقبة انخفاض كميتها يعطي فكرة واضحة عن ترقي عملية الأكسدة في العينة. يتم هذا الفحص إما بطريقة الكروماتوغرافيا الغازية بعد استخلاص الحموض الدسمة من العينة وتحويلها إلى استرات ميتيلية FAME أو فحص قرينة اليود iodine value.

ثالثاً: كمية الجذور الحرة المتشكلة

تستعمل طريقة الطنين الالكتروني Electron spin resonance ESR لتحديد كمية الجذور الحرة في العينة وذلك بالاعتماد على قياس امتصاص طاقة الأشعة المغناطيسية. بشكل عام فإن الجذور الحرة للمواد الدسمة هي مركبات قليلة الثبات ويصعب تحديدها بشكل مباشر لذا يتم في البداية اشتقاقها على شكل جذور النتروكسيل الحرة كما هو موضح في التفاعل التالي:



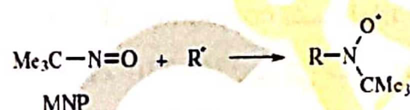


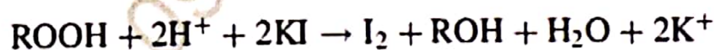
Figure 6. Formation of nitroxyl radical spin adducts.

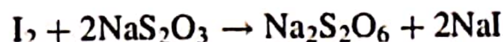
تفيد هذه الطريقة في تحديد المراحل الأولى من أكسدة المواد الدسمة، كما تستعمل لتقييم فعالية المواد المضادة للأكسدة.

رابعاً: كمية النواتج الأولية للأكسدة

- قرينة البيروكسيد peroxide value PV: تعتبر فوق الأكاسيد هي النواتج الأولية لعملية أكسدة المواد الدسمة، ويمكن من خلال مراقبة تغير تركيز فوق الأكاسيد مع الزمن تحديد ترقي الأكسدة حيث يدل ازدياد تركيز فوق الأكاسيد مع الزمن على المرحلة الأولى من الأكسدة، أما تناقص تركيزها فيدل على بدء المرحلة الثانية من الأكسدة. يتم تحديد قرينة البيروكسيد عبر العديد من الطرق الحجمية (المعايرة بمقياس اليود، تشكيل معقدات الحديد) أو الكروماتوغرافية، كما تستعمل مطيافية الأشعة تحت الحمراء لمراقبة تطور تشكل فوق الأكاسيد في العينة.

تعتمد طريقة مقياس اليود على أكسدة شوراد اليود بفوق الأكاسيد وذلك باستعمال محلولمشبع من يوديد البوتاسيوم بوجود مشعر هلامة النشاء. يتم الحصول على قرينة البيروكسيد بإجراء الحسابات المناسبة ويعبر عن PV بعدد الميلي مكافئ من الأكسجين الموجود في كغ من العينة.


$$ROOH + 2H^+ + 2KI \rightarrow I_2 + ROH + H_2O + 2K^+$$


$$I_2 + 2NaS_2O_3 \rightarrow Na_2S_2O_6 + 2NaI$$

تعتبر هذه الطريقة من أكثر الطرق المستعملة إلا أنها تعاني من بعض السلبيات، أهمها أنها تحتاج إلى العديد من الوقت والجهد، كما أنها تفتقد للحساسية وتعاني من العديد من التداخلات، كما يصعب تحديد نقطة نهاية المعايرة بدقة.

تعتمد طريقة تشكيل معقدات الحديد على أكسدة الحديدي إلى حديد في وسط حمضي، ومن ثم يتم تشكيل معقدات الحديد مع الثيوسيانات والتي تحدد بمطيافية الأشعة المرئية عند طول الموجة 500-510 نم. تعتبر هذه الطريقة سهلة، ذات تكرارية جيدة reproducible وحساسة sensitive. كما يمكن تشكيل المعقدات باستعمال برتقالية الكزيلينول وتعرف عندها بطريقة FOX assay وتعتبر هذه الطريقة قادرة على تحديد الكميات المنخفضة من فوق الأكاسيد.

تستعمل مطيافية الأشعة تحت الحمراء والكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء والكروماتوغرافيا الغازية لتحديد فوق الأكاسيد المتشكلة في العينة.

- Conjugated dienes and trienes: خلال تشكل فوق الأكاسيد في عينة المادة الدسمة انطلاقاً من الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع، تتشكل conjugated dienes نتيجة إعادة ترتيب الروابط المضاعفة مما يؤدي تشكل إلى قمة امتصاص أعظمية عند طول الموجة 230-235 نم في مجال الأشعة فوق البنفسجية. أما conjugated trienes فتملك قمة امتصاص أعظمية عند 268 نم، أي أن ازدياد طول موجة الامتصاص الأعظمي يدل على ترقي التزنخ وتشكل نواتج الأكسدة الأولية.

<u>خامساً: كمية النواتج الثانوية للأكسدة</u>

- فحص حمض التيوباربيتوريك thiobarbituric acid TBA: تتشكل خلال عملية الأكسدة مركبات الألدهيدات المالونية malonaldehyde MA التي تتفاعل مع مع حمض التيوباربيتوريك لتشكل معقد MA-TBA الذي يمكن قياس امتصاصيته عند طول الموجة 530-535 نم. يتم التعبير عن قيمة TBA عن طريق تحديد عدد المكافئات من حمض المالوني المتشكل في كغ من العينة.

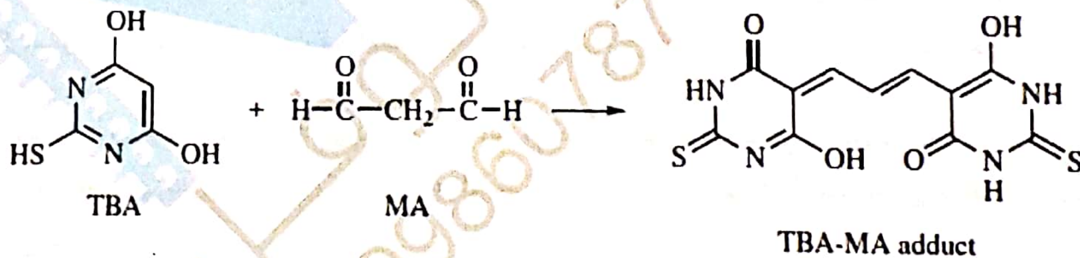


Figure 2. Reaction of 2-thiobarbituric acid (TBA) and malonaldehyde (MA).

- قرينة البارا أنيسيدين P-anisidine value p-AnV: يتم خلال هذه الطريقة تحديد كمية الألدهيدات المتشكلة خلال تفكك فوق الأكاسيد. يعتمد هذا الاختبار على التفاعل بين الأنيسيدين (P-methoxyaniline) والألدهيدات المتشكلة مما يؤدي إلى تشكل مركبات بلون مصفر يمكن قياس شدة امتصاصها عند طول الموجة 350 نم.

- Totox Value: وهي تعتمد على قياس النواتج الأولية والثانوية للأكسدة وفق العلاقة التالية:

$$\text{Totox value} = 2\,\text{PV} + p\text{-AnV}$$

حيث نلاحظ أنه خلال ترقي الأكسدة ترتفع قيمة PV في البداية ثم تنخفض نتيجة تفكك فوق الأكاسيد وبالتالي فإن الاعتماد على قيمة PV لوحده قد يعطي نتائج خاطئة. يسمح قياس Totox value بتحديد كمية النواتج الأولية والثانوية للأكسدة في كل لحظة.

- معايرة المركبات الكربونيلية: وتشمل الألدهيدات والكيتونات والتي تعد النواتج الثانوية للأكسدة. تم معايرة هذه المركبات بالطريقة اللونية باستعمال مركب 2,4-dinitrophenylhydrazine DNPH ومن ثم يتم تفاعل الهيرازون الناتج مع مادة قلوية مما يؤدي إلى تشكل مركب ملون يمكن معايرته بمطيافية الضوء الأشعة المرئية.

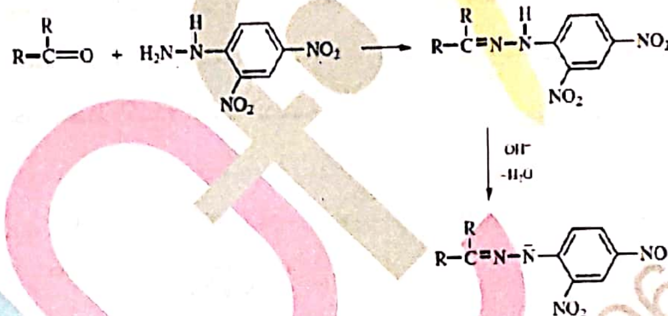


Figure 4. Reactions between carbonyls and 2,4-dinitrophenylhydrazine.

تنتقد هذه الطريقة بأن شروط هذا التفاعل قد تسبب تحطم فوق الأكاسيد مما قد يؤدي إلى نتائج إيجابية خاطئة، يمكن التغلب على هذه الإشكالية من خلال تفاعل فوق الأكاسيد مع TPP مما لا يسمح لها بالتداخل مع نتائج فحص الكربونيل.

كما تنتقد هذه الطريقة بأن المركبات الكربونيلية الناتجة عن أكسدة البروتينات قد تتداخل مع نتائج هذا الفحص.

بالإضافة إلى التحديد الكمي لكامل مركبات الكربونيل المتشكلة خلال أكسدة المواد الدسمة، فإن تحليل المركبات الكربونيلية الفردية يعتبر أكثر أهمية لمراقبة ترقي التزنخ. يعتبر الهكسانال hexanal أحد أهم المركبات الكربونيلية التي يمكن فحصها لمراقبة ترقي تزنخ الحموض الدسمة n-6 ويمكن إتمام هذا الفحص بالاعتماد على قيمة TBA وبالاعتماد على طرق الكروماتوغرافيا، كما تم حديثاً تطوير طريقة ELISA لمراقبة ترقي أكسدة المواد الدسمة بالاعتماد على فحص الهكسانال.

يستعمل البروبانال Propanal كمشعر لترقي تزنخ الحموض الدسمة n-3.

- قرينة ثبات الزيت Oil Stability Index OSL: خلال عملية أكسدة المواد الدسمة، تتشكل بعض الحموض العضوية الطيارة مثل حمض النمل وحمض الخل. تعتمد قرينة ثبات الزيت على قياس تشكل هذه الحموض الطيارة من خلال قياس زيادة الناقلية الكهربائية الناتج عن استقبال هذه المركبات المتشكلة في الماء. يمكن مشاركة هذه الطريقة مع طرق الكروماتوغرافيا الأخرى مثل GC-FIDأو GC-MS من أجل التحديد النوعي والكمي لمختلف المركبات الطيارة المتشكلة.
- الهيدروكربونات: تنتج خلال عملية الأكسدة بعض الهيدروكربونات المشبعة خاصة قصيرة السلسلة (C1-C5) والتي يمكن تحديدها من أجل مراقبة تطور عملية الأكسدة، خاصة عندما تكون كمية الألدهيدات المتشكلة أقل من حد الكشف، فمثلاً تحديد البنتان بطريقة الكروماتوغرافيا الغازية.
- طرق الفلورة: بينت التجارب المختلفة تناقص كمية النواتج الثانوية للأكسدة مثل المالون ألدهيد بترقي عملية الأكسدة ويعود ذلك لتفاعل المالون ألدهيد مع بروتينات العينة الغذائية وكافة المركبات الحاوية على وظيفة أمينية أولية (بروتينات، حموض أمينية، DNA، فوسفوليبيدات) مما يؤدي إلى تشكيل مركبات مفلورة. يمكن إذا الاعتماد على تفاعلات الفلورة من أجل تحديد أكسدة المواد الدسمة.

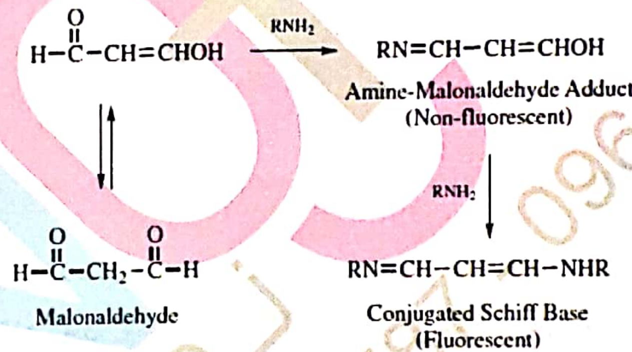


Figure 5. Reaction of lipid oxidation products such as malonaldehyde and amines.

بالإضافة إلى المالون ألدهيد، تتفاعل فوق الأكاسيد والألدهيدات الأخرى مع المركبات الحاوية على وظيفة أمينية أولية لتعطي مركبات مفلورة.

المركبات المضادة للأكسدة antioxidants

تعمل مضادات الأكسدة في الأغذية الحاوية على مواد دسمة إما على تأخير بدء عملية الأكسدة أو تبطئ من سرعة تفاعل الأكسدة، وبالتالي فهي لا تحسن من قيمة المنتج الغذائي إلا أنها تحافظ عليه وتطيل من فترة ثباته. تتميز المركبات المستعملة بمجموعة من الخواص أهمها:

- قليلة التكلفة
- غير سامة
- فعالة بتراكيز المنخفضة
- ثابتة
- لا تؤثر على الخواص الحسية للغذاء

تصنيف المركبات المضادة للأكسدة

تصنف المركبات المضادة للأكسدة وفق آلية عملها إلى مضادات أكسدة أولية primary antioxidants ومضادات أكسدة ثانوية secondary antioxidants ومنها ما يعمل وفق الآليتين لذا تعرف هذه المركبات بمضادات الأكسدة متعددة الوظيفة multiple-function antioxidants.

مضادات الأكسدة الأولية

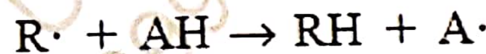
تسمى أيضاً مضادات الأكسدة type 1 وهي عبارة عن مركبات قادرة على التفاعل مع الجذور الحرة مما يؤدي إلى تثبيط بدء عملية الأكسدة أو التداخل مع مرحلة انتشار عملية أكسدة المواد الدسمة.



$$ROO\cdot + AH \rightarrow ROOH + A\cdot$$



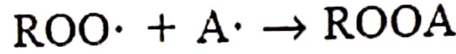
$$RO\cdot + AH \rightarrow ROH + A\cdot$$

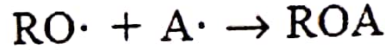


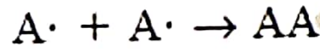
$$R\cdot + AH \rightarrow RH + A\cdot$$

يبدو واضحاً من التفاعلات السابقة أن مضادات الأكسدة تتفاعل مع الجذور الحرة للمواد الدسمة ولفوق الأكاسيد لتشكل مركبات ثابتة وجذور حرة .A والتي تعتبر أكثر ثباتاً وأقل قابلية للاستمرار في الأكسدة.

يمكن لجذور مضادات الأكسدة الحرة المتشكلة .A أن تتفاعل مع فوق الأكاسيد وبالتالي تسمح بتوقف حلقة تفاعل أكسدة المواد الدسمة.


$$ROO\cdot + A\cdot \rightarrow ROOA$$


$$RO\cdot + A\cdot \rightarrow ROA$$


$$A\cdot + A\cdot \rightarrow AA$$

تشمل مضادات الأكسدة الأولية العديد من المركبات منها المركبات الفنولية (وهي مركبات متعددة الهيدروكسيل)، حيث يؤدي اشتقاق هذه المركبات بإضافة مجموعات مانحة للالكترونات في الموقعين أورتو وبارا بالنسبة لمجموعة الهيدروكسيل إلى زيادة الفعالية المضادة للأكسدة، كما أن الاشتقاق بمجموعات ألكيلية متفرعة السلسلة في الموقع أورتو يزيد من الفعالية المضادة للأكسدة. إلا أن اشتقاق هذا الموقع بمجموعات ألكيلية طويلة السلسلة أو متفرعة يؤدي إلى تخفيض الفعالية المضادة للأكسدة.

من أهم المركبات الفنولية الصنعية المستعملة في الأغذية نذكر:

BHA أو butylated hydroxyanisole

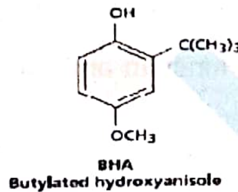
BHT أو butylated hydroxytoluene

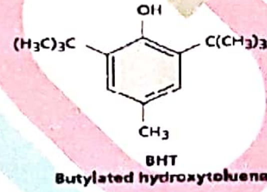
البولي غالات PG

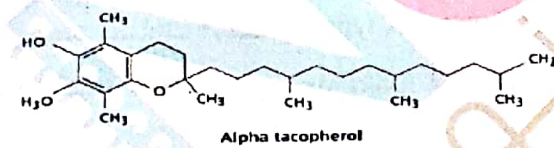
TBHQ أو tertiary butylhydroquinone

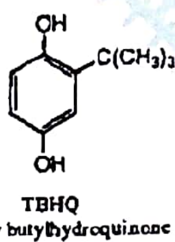
كذلك تستعمل بعض المركبات الطبيعية مثل:

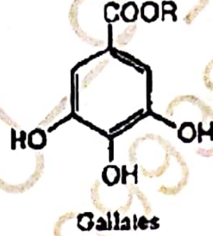
التوكوفيرول والكاروتينوئيدات.









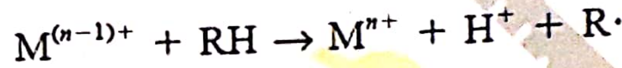


مدرس المقرر د ياسر الروح

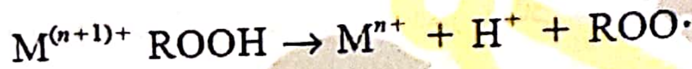
مضادات الأكسدة الثانوية

وتعرف بمضادات الأكسدة من النمط الثاني type 2 وهي تخفض من سرعة تفاعل الأكسدة إلا أنها لا تستطيع تحويل الجذور الحرة المتشكلة إلى مركبات ثابتة. تعمل مضادات الأكسدة الثانوية عبر العديد من الآليات أهمها:

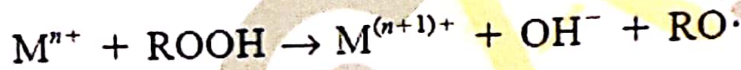
- مخلبة المعادن chelators. تعمل العديد من المعادن الثقيلة (Fe, Cu, Mn, Cr, Ni, Zn, Al) على تحريض بدء عملية الأكسدة وذلك إما من خلال التفاعل مع المادة الدسمة مباشرة أو من خلال التفاعل مع فوق الأكاسيد:



$$M^{(n-1)+} + RH \rightarrow M^{n+} + H^{+} + R\cdot$$



$$M^{(n+1)+}\ ROOH \rightarrow M^{n+} + H^{+} + ROO\cdot$$



$$M^{n+} + ROOH \rightarrow M^{(n+1)+} + OH^{-} + RO\cdot$$

من بين أهم المركبات المستعملة كمواد ممخلبة نذكر :

حمض الليمون (في الوسط المائي) واستراته أحادية الغليسيريد المستعمل في الأوساط الدسمة.

حمض الفوسفور ومشتقات البولي فوسفات.

EDTA أو ethylenediaminetetraacetic acid

- العوامل المرجعة أو المواد اللاقطة للأكسجين oxygen scavengers. مثل حمض الأسكوربيك أو بالميتات الأسكوربيل أو مركبات السلفيت.

لابد من التنويه إلى أن حمض الأسكوربيك يتميز بأكثر من آلية عمل تشمل مضادات الأكسدة الأولية والثانوية لذا يمكن تصنيفه كمضاد أكسدة متعدد الوظائف.

المحاضرة السادسة

الأغذية الوظيفية

Functional foods

تعرف الأغذية الوظيفية بأنها كل المنتجات الغذائية التي تقدم إلى جسم الإنسان فائدة صحية بالإضافة لقيمتها الغذائية التقليدية.

تم في البداية تطوير الأغذية الوظيفية من أجل تصحيح حالات العوز الغذائي مثل حبوب الفطور cereals breakfast المدعمة بحمض الفوليك...

إلا أن الدراسات لم تتوقف عند هذا الحد بل استمرت من أجل إنتاج أغذية تملك بعض الفوائد الصحية الفيزيولوجية والنفسية وبالتالي تخفيض خطر الإصابة ببعض الأمراض المزمنة أو في بعض الحالات المساهمة في تدبير وعلاج بعض الأمراض.
وبالتالي يمكن تلخيص فوائد الأغذية الوظيفية فيمايلي:

- تصحيح عوز بعض المركبات الغذائية.
- تحسين الوضع الصحي للفرد.
- الوقاية من بعض الأمراض أو المساهمة في تدبيرها وعلاجها.

الأغذية الوظيفية والمدعمات الغذائية Functional foods vs Supplements

تختلف المدعمات الغذائية عن الأغذية الوظيفية وذلك بالشكل وبالجرعة. تعرف المدعمات الغذائية بأنها مستحضرات تستخدم لتدعيم الغذاء اليومي الطبيعي وهي تحضر من مصادر غذائية أو غير غذائية مركزة (الفيتامينات، المعادن، الحموض الأمينية، الأعشاب...) تملك قيمة غذائية أو فعالية فيزيولوجية وتسوق بأشكال صيدلانية مختلفة منها الكبسولات والأقراص والمساحيق والقطرات.

طرق تحضير الأغذية الوظيفية

تشمل طرق تحضير الأغذية الوظيفية العديد من الأمثلة يمكن تلخيصها في المجموعات التالية:

- أغذية طبيعية تم تعديل الشروط الزراعية الخاصة بها من أجل زيادة تركيز بعض العناصر المغذية فيها، مثل الطماطم المدعمة بالليكوبين.

- أغذية تم التخلص من بعض المكونات الموجودة فيها أو تخفيض كميتها، مثل الحليب الخالي من الدسم أو منخفض الدسم.
- أغذية تم إضافة بعض المكونات الوظيفية إليها، مثل العصير المدعم بمضادات الأكسدة، واللبن المدعم بالجراثيم الحيوية probiotics.

من أين يتم الحصول على المكونات الفعالة؟

يتم بشكل عام الحصول على المكونات الغذائية الوظيفية عبر استخلاصها من النباتات باستعمال الإنزيمات أو باتباع تقنيات التخمر fermentation التي تضمن الحصول على هذه المركبات دون تخريبها، أو عبر طرق الهندسة الوراثية التي تسمح بزيادة شدة الاصطناع الحيوي biosynthesis لبعض المركبات دون غيرها.

بعض المصطلحات الهامة

- عالي المحتوى من الحموض الدسمة غير المشبعة: ما لا يقل عن 70% من محتوى المواد الدسمة يعود للحموض الدسمة غير المشبعة.
- عالي المحتوى من الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع: ما لا يقل عن 45% من محتوى المواد الدسمة يعود للحموض الدسمة غير المشبعة.
- عالي المحتوى من الحموض الدسمة وحيدة عدم الإشباع: ما لا يقل عن 45% من محتوى المواد الدسمة يعود للحموض الدسمة غير المشبعة.
- عالي المحتوى من الحموض الدسمة أوميغا 3: يحوي على الأقل 0.6 غرام حمض ألفا لينولنيك في كل 100 غرام من المادة الغذائية أو ما لا يقل عن 80 ملغ من كل من EPA و DHA في كل 100 غرام من المادة الغذائية.
- مصدر للحموض الدسمة أوميغا 3: يحوي على الأقل 0.3 غرام حمض ألفا لينولنيك في كل 100 غرام من المادة الغذائية أو ما لا يقل عن 40 ملغ من كل من EPA و DHA في كل 100 غرام من المادة الغذائية.
- عالي المحتوى من الألياف الغذائية: يحوي على الأقل 6 غرام من الألياف الغذائية في كل 100 غرام من المادة الغذائية.
- مصدر للألياف الغذائية: يحوي على الأقل 3 غرام من الألياف الغذائية في كل 100 غرام من المادة الغذائية.

أهم الأغذية الوظيفية

الحموض الدسمة أوميغا 3

الحموض الدسمة أوميغا 3 هي نوع من الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع، تعتبر من الحموض الدسمة الأساسية التي لا يمكن للجسم اصطناعها.

يجب على الإنسان أن يحصل على الحموض الدسمة أوميغا 3 من الأسماك والمكسرات والزيوت النباتية.

أنواع الحموض الدسمة أوميغا 3

$C18:3^{cis\Delta 9,12,15}$
ALA



$C20:5^{cis\Delta 5,8,11,14,17}$
EPA



$C22:6^{cis\Delta 4,7,10,13,16,19}$
DHA



مصادر الحموض الدسمة أوميغا 3

ALA: من الزيوت النباتية وخاصة زيت الكتان.

EPA و DHA: من الأسماك الدهنية مثل السلمون والسردين وكبد الحوت.

الفوائد الصحية للحموض الدسمة أوميغا 3

بينت الدراسات أن تناول الحموض الدسمة أوميغا 3 يقلل من الحوادث القلبية الوعائية من خلال تخفيض TAG والعمل كمضاد للتخثر.

كما بينت الدراسات أن DHA يحسن من وظيفة الجملة العصبية المركزية والرؤية عند الأطفال. حيث يدخل DHA في تركيب المادة الرمادية في الدماغ والملتحمة في العين.

كما أن EPA يعتبر المركب الأولي في اصطناع العديد من الوسائط الحيوية (eicosanoids) والتي تقي من الهجمات القلبية، كما أن EPA يزيد زمن النزف ويخفض مستويات الكولسترول المصلية.

جرعة الحموض الدسمة أوميغا 3

تعتمد الجرعة على حساب كمية EPA و DHA وليس على حساب كمية زيت السمك الكلية. وتختلف من مركب لأخر إلا أنها تقدر وسطياً بحوالي 180 ملغ EPA و 120 ملغ DHA في الكبسولة الواحدة.

وفق AHA يوصى بتناول وجبتين من السمك أسبوعياً على أن يضاف لها 1 غرام من EPA و DHA على شكل مدعمات غذائية عند الأشخاص الذين يعانون من حوادث قلبية وعائية سابقة.

وترتفع الجرعة إلى 2-4 غرام من EPA و DHA عند الأشخاص الذين يعانون من ارتفاع مستويات الكولسترول في الدم.

الاحتياطات

لا يجب تناول حموض الأوميغا عند الأشخاص الذين يستهلكون مميعات الدم مثل clopidogrel (Plavix)، warfarin (Coumadin)، NSAIDs إلا بإشراف الطبيب المختص. لأن مركبات الأوميغا تزيد احتمال النزف.

يجب الانتباه إلى أن زيت كبد الحوت يحوي على الفيتامين A وبالتالي يوصى بعدم تناوله عند الحوامل نظراً لخطر تشوه الجنين.

توجد بعض الدراسات التي تحذر من أن الاستعمال المديد لمركبات الأوميغا 3 تزيد خطر الإصابة بسرطان البورستات إلا أن الأبحاث في هذا المجال لم تجزم ذلك حتى الآن.

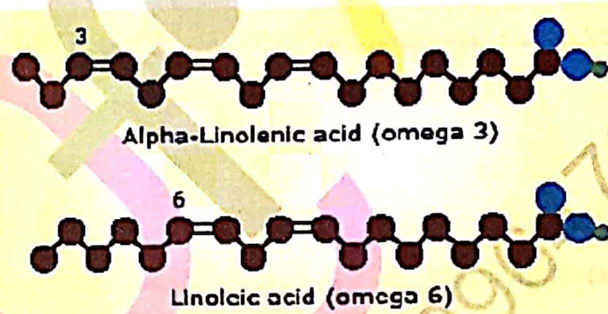
يجب الحذر عند مرضى السكري من النمط الثاني إلى أن تناول مركبات الأوميغا قد يرفع من تراكيز السكر الدموية الصيامية وبالتالي يجب مراجعة الطبيب المختص لضبط جرعة أدوية السكري.

أهم الأغذية الوظيفية (الحموض الدسمة أوميغا 6)

مقدمة

هي مجموعة من الحموض الدسمة متعددة عدم الإشباع (PUFAs). لا يستطيع الجسم اصطناعها بل يحصل عليها من الغذاء ولهذا تُعرف بالحموض الدسمة الأساسية. يشكل حمض اللينولئيك LA وغاما حمض اللينولئيك GLA أهم أنواعها العديدة. يتحول حمض اللينولئيك إلى غاما حمض اللينولئيك في الجسم، ومن ثم يتحول إلى حمض الأراشيدونيك AA.

تعتبر البذور، المكسرات، والخضار الورقية الخضراء كالخس، البروكلي والكرنب من أفضل المصادر الغذائية للأوميغا-6 وكذلك زيوت الخضار النيئة. كما تتواجد بشكل طبيعي في زيت الزيتون، زيت عباد الشمس، زيت الكانولا و بذور القطن، زيت السمسم. وكذلك نجده في المايونيز وتوابل السلطات التي تدخل إحدى هذه الزيوت في مكوناتها، وفي أي نوع من الأطعمة المقلية أو المحضرة باستخدامها.





Arachidonic Acid
(all-cis-5,8,11,14-eicosatetraenoic acid)

أنواع الحموض الدسمة أوميغا 6

الفوائد الصحية للحموض الدسمة أوميغا 6

إن أهم وظيفة للحموض الدسمة أوميغا 6 هي دورها في بنية الأغشية الخلوية واصطناع الوسائط الحيوية eicosanoids التي تنظم العديد من العمليات الحيوية على مستوى الخلايا.

وبشكل أساسي تنظم حموض الأوميغا 6 نفاذية الماء عبر مسامات الجلد ونقل الكولسترول بين مختلف الأنسجة.

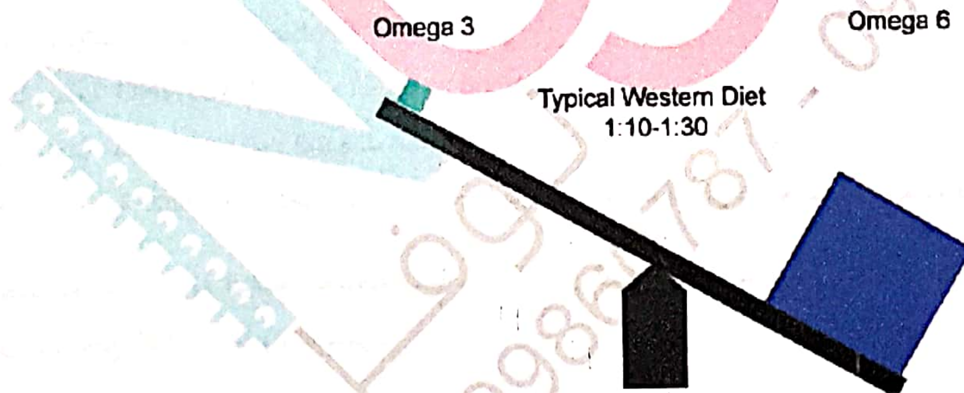
تستعمل حموض الأوميغا 6 لعلاج حالات الإكزيما والصدفية.

ما هي النسبة أوميغا 6:أوميغا 3 الصحيحة؟

لا يستطيع الجسم تحويل الحموض أوميغا 3 إلى أوميغا 6 ولا العكس، يجب أن يحصل الجسم على كل نوع من حموض الأوميغا عبر الغذاء.

لا بد من تحقق نسبة مناسبة بين الأوميغا-3 والأوميغا-6 حتى يستطيع الجسم الحصول على الفوائد الصحية لهذه الحموض الدسمة.

تبين العديد من الأبحاث أن النسبة التي يجب أن يتناولها الإنسان يومياً من أوميغا 6:أوميغا 3 يجب أن تكون ضمن المجال 1:2 – 1:4 . إلا أن النظام الغذائي في أيامنا هذه والمعتمد على الوجبات السريعة، الأطعمة المجمدة والسناك عالي الحريرات، يعتبر فقيراً بالأوميغا-3 ويحوي كميات عالية جداً من الأوميغا-6 وقد تصل النسبة بينهما إلى 1/15.

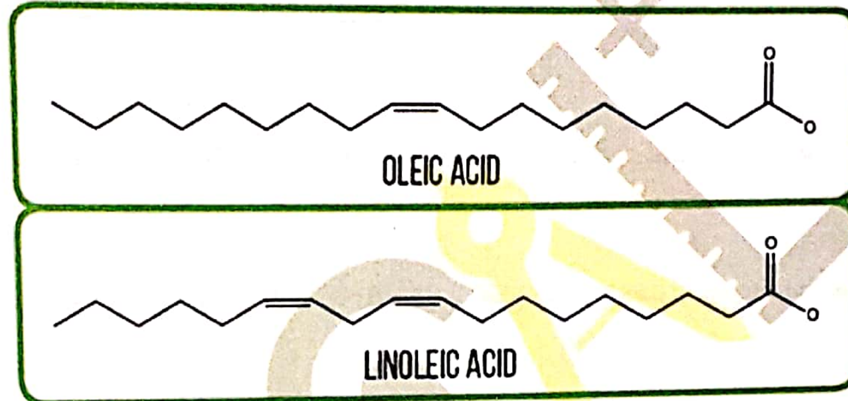


تعتبر الوسائط الالتهابية الناتجة عن الحموض الدسمة أوميغا 6 فعالة بكميات قليلة وبالتالي فإن ازدياد كميتها في الجسم يؤدي إلى زيادة خطر التخثر الدموي وظهور بعض الاضطرابات التحسسية والالتهابية. لذا فإن تناول كميات مرتفعة من الأوميغا-6 وكميات منخفضة من الأوميغا-3 يترافق مع زيادة خطر الإصابة بالعديد من الأمراض منها الأمراض القلبية الوعائية والسرطان والالتهاب وأمراض المناعة الذاتية.

بشكل عام فإن النسبة المنخفضة لها دور في تقليل خطر الإصابة بالعديد من الأمراض المزمنة.

الحموض الدسمة أوميغا 9

هي مجموعة من الحموض الدسمة وحيدة عدم الإشباع تعرف باسم حمض الزيت. ولا تعتبر من الحموض الأساسية إلا أنه يعتبر من المفيد الحصول عليها عبر الطعام.



توجد بشكل رئيسي في الزيتون وزيته والأفوكادو.

تحسن هذه الحموض الدسمة من الوضع الصحي العام في الجسم من خلال زيادة نسبة HDL.

أهم الأغذية الوظيفية (البروبيوتيك)

تعريف الجراثيم الحيوية Probiotics

عرفت منظمة FAO/WHO الجراثيم الحيوية probiotics بأنها "جراثيم حية تستعمل بجرعات محددة نظراً لفوائدها الصحية". وهي تستعمل لتدعيم العديد من المنتجات الغذائية أهمها مشتقات الحليب بما فيها حليب الأطفال formula infant، وسميت بالجراثيم الحيوية Probiotics نظراً لأنها تشكل جزءاً من المستعمرات الجرثومية الطبيعية الموجودة في أمعاء الإنسان.

تستخدم الجراثيم الحيوية لفوائدها الصحية، كما تستعمل في الصناعة الغذائية كعامل مساعد على التخمر fermentation يعمل على منح الغذاء طعماً وقواماً مميزاً.

من أهم السلالات المستعملة:

- Lactobacillus
- Bifidobacterium
- خمائر Saccharomyces

من أهم التأثيرات الحيوية للبروبايوتيك:

- إعادة التوازن الجرثومي في الأمعاء خاصة بعد الإصابة بالإسهال أو لدى استعمال الصادات الحيوية أو المعالجة الشعاعية radiotherapy.
- القضاء على الجراثيم الممرضة من خلال إفراز مضادات جرثومية antibacterial substances وخفض درجة حموضة الوسط.
- المساهمة في زيادة إنتاج المواد المخاطية مما يحسن عمل الظهارة المعوية.
- ضبط الحركة الحوية المعوية.
- تحسين الاستجابة المناعية في الجسم.
- خفض مستوى الكولسترول في الدم.
- تثبيط إنتاج بعض المستقلبات المسرطنة.
- تحسين القيمة الغذائية للطعام المستهلك من خلال تحسين امتصاص المعادن خاصة الكالسيوم نتيجة خفض درجة حموضة الأمعاء (مما يساهم في خفض خطر الإصابة بهشاشة العظام).
- المساهمة في تخفيف حدة أعراض عدم تحمل اللاكتوز من خلال إنتاج إنزيم الغالاكتوزيداز الذي يعمل على تحطيم اللاكتوز.
- المساهمة في إنتاج بعض الفيتامينات أهمها بعض أنماط الفيتامين B والفيتامين K.
- إن الحفاظ على نوعية جراثيم الفلورا المعوية الصحية ومكان توضعها يمكن أن يساعد في العلاج أو الوقاية من الاضطرابات الاستقلابية التي قد يعاني منها الإنسان والتي تعتبر أحد عوامل الخطورة التي تزيد من احتمال إصابة الشخص بالأمراض القلبية والجلطات بمرتين وداء السكري بمعدل 5 أضعاف.

البروبيوتيك والبدانة

- بينت العديد من الدراسات أنه يمكن للبروبيوتيك والبريبيوتيك أن تبدي فعالية في التخلص من البدانة من خلال إعادة التوازن إلى الفلورا المعوية والحفاظ على سوية تغذية مناسبة لها.

- أما التفسير العلمي لحقيقة ارتباط تعداد البكتيريا المفيدة في الأمعاء في حدوث البدانة يعود إلى كون مركبات استقلاب الألياف المنحلة والتي تعرف باسم الحموض الدسمة قصيرة السلسلة short-chain fatty acids تستخدم من قبل أجسامنا من أجل الحصول على الطاقة ولكن دورها لا يقف هنا، حيث تبين أن هذه الحموض الدسمة تنظم الاستجابة الالتهابية في الجسم وتزيد من شعور الشبع وبالتالي تقلل من استهلاك الطعام.

- وفي الخاتمة يعتبر اكتشاف البروبيوتيك وأهميتها في مجال إنقاص الوزن ومنع انتشار البدانة خطوة مصيرية في مجال التغذية لمساعدته في تخفيف الأعباء الاقتصادية لانتشار السمنة إضافة لتقليل انتشار العديد من المشكلات الصحية. ولابد من لفت الانتباه لضرورة إجراء العديد من الدراسات على الإنسان للتأكد من كون تعداد البكتيريا المفيدة هو مسبب البدانة أم أن هذا الاكتشاف هو نتيجة ثانوية لمشاكل صحيةٍ أخرى.

البروبيوتيك والحساسية للأنسولين

- تُعتبر مقاومة الأنسولين (انخفاض حساسية الجسم للأنسولين) من أحد أهم أسباب الإصابة بالبدانة وداء السكري من النمط الثاني، حيث يؤدي هذا الاضطراب إلى تحريض إفراز الجسم لكميات كبيرة من الأنسولين للحفاظ على مستوى سكر الدم ضمن حدوده الطبيعية.

- بينت الدراسات الحديثة أن تناول مكمّلات البروبيوتيك تحسن من حساسية الجسم للأنسولين.

- أجريت هذه الدراسة على 17 شخصاً لا يعانون من اضطرابات صحية، حيث قسموا إلى مجموعتين أعطيت الأولى حليباً مدعماً بالبروبيوتيك وبشكل خاص السلالات الجرثومية Shirota casei Lactobacillus وذلك بمعدل جرعتين يومياً ولمدة أربعة أسابيع متتالية، بينما بقيت المجموعة الأخرى كشاهد بحيث لم تعطى المكمّلات الحاوية على البروبيوتيك.

أهم الأغذية الوظيفية (البريبايوتيك)

تعريف البريبايوتيك Prebiotics

وهي بدائل عن البروبايوتيك وتعرف بأنها مكونات غذائية غير قابلة للهضم Non-digestible أو تهضم بشكل قليل Low-digestible تفيد الإنسان من خلال تنشيط نمو جراثيم الفلورا المعوية وزيادة فعاليتها.

يستعمل لهذا الغرض المواد السكرية القابلة للتخمر carbohydrates fermentable وهي مكونات غذائية غير قابلة للهضم أو تهضم بشكل قليل في الأمعاء الدقيقة، وتنشط نمو بعض جراثيم الفلورا المعوية خاصة جراثيم bifidobacteria وبعض الجراثيم إيجابية الغرام الأخرى bacteria gram-positive، حيث تتغذى هذه الجراثيم على النواتج النهائية لاستقلاب هذه المركبات والتي هي عبارة عن حموض دسمة قصيرة السلسلة acids fatty chain short.

ومنها:

- اللاكتولوز lactulose
- الغالاكتوسكاريد متوسطة التماثر galactooligosaccharides (GOS)
- الفركتوسكاريد متوسطة التماثر fructooligosaccharides (FOS)
- المالتوسكاريد متوسطة التماثر maltooligosaccahrodes
- الإينولينinulin ونواتج حلمهته
- النشاء المقاوم resistant starch

توجد هذه المواد السكرية في العديد من المصادر الطبيعية مثل البندورة والموز والثوم والبصل.

المصادر الغذائية للبريبيوتيك

- البكتين: يوجد في التفاح والفريز.
- الهيمي سليلوز: الحبوب الكاملة والخضار الورقية الخضراء والجزر.
- الفركتو أوليغو سكاريدات: الموز والبصل والثوم.

إن العمل على إيجاد مركبات سكرية جديدة تستعمل لتحضير البريبايوتيك هو مجال بحث واسع، لاتزال الدراسات مستمرة فيه ومتزايدة.

Synbiotics

وهي عبارة عن مزيج بين probiotics و prebiotics وسميت كذلك نظراً للفعالية التآزرية effect synergic التي يملكها هذا المزيج.

جامعه حماه
كليه الصيدله

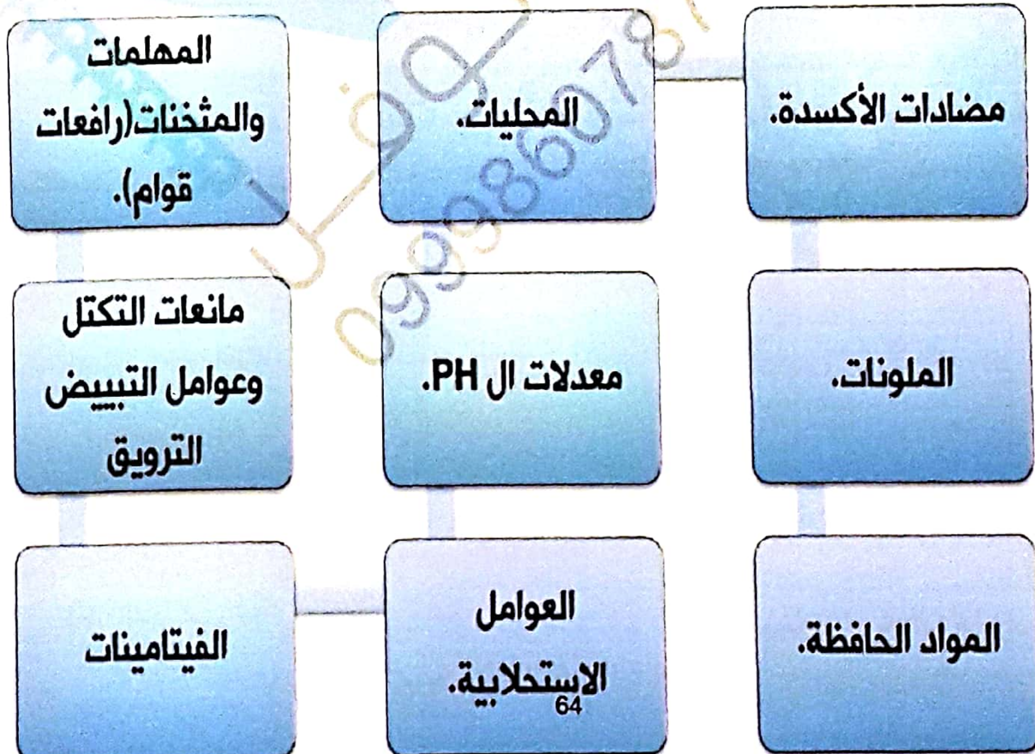
كيمياء الأغذيه و مراقبتها

عبدالكريم مغمومه

الفيتامينات

المحاضره (8)

أنواع المضافات الغذائية



مقدمة

الفيتامينات Vitamins (وتدعى أمينات الحياة) وهي كلمة مشتقة من الكلمة Vita وتعني حياة وَ Amine كونها تحوي على النتروجين في تركيبها. وهي مركبات عضوية ذات تركيب كيميائي مختلف ووزن جزيئي صغير نسبياً، الجسم غير قادر على إنتاجها، تمثل بتراكيزها المنخفضة في الغذاء عناصر أساسية جدا في النظام الغذائي المتوازن، لها دوراً مساعداً للأنزيمات في استقلاب المواد الحيوية حيث يؤدي نقصها إلى إعاقة النشاط الأنزيمي المسؤول عن عمليات الاستقلاب البيوكيميائية وظهور أمراض العوز الفيتاميني، كما أن زيادتها تسبب أمراض فرط الفيتامينات.

تصنيف الفيتامينات

تصنف الفيتامينات على أساس انحلاليتها إلى:

1- الفيتامينات الذوابة في الدسم Liposoluble : وهي فيتامينات A, D, E, K ، وهي قابلة للتخزين في جسم الإنسان لفترات طويلة من الزمن، ولا تتخرب بشكل كبير تحت تأثير العمليات التصنيعية والحرارية للأغذية، وإنما تتخرب أثناء تزنخ المادة الدسمة.

2- الفيتامينات الذوابة في الماء Hydrosoluble : أهمها فيتامين C و مجموعة فيتامينات B (الثيامين B1 والريبوفلافين B2 وحمض البانتوثنيك B5 والبيريدوكسين B6 وحمض الفوليك B9 والكوبالامين B12 والبيوتين H والنياسين PP). تتصف هذه المجموعة بسرعة تحللها تحت تأثير العمليات الحرارية والتصنيعية والحفظية للأغذية، وبعدم مقدرة الجسم على تخزينها - باستثناء B12 الذي يختزن في الكبد لعدة أشهر - لذلك يجب الحصول عليها باستمرار من الغذاء.

تصنيف الفيتامينات

حديثاً : تصنيف الفيتامينات حسب وظيفتها الفيزيولوجية:

- الفيتامينات التي يحتاجها الجسم كمساعد للإنزيمات في عمليات الاستقلاب (معظم فيتامينات المجموعة B وفيتامين K).
- الفيتامينات التي تحمي الجسم في المقام الأول من التأكسد الضار (فيتامين E, C).

تكمن صعوبات هذا التصنيف أن الفيتامينات تلعب في كثير من الأحيان وظائف متعددة، مثال:

فيتامين A: له تأثير على الهرمونات ويملك خصائص مضادة للأكسدة.

فيتامين K : ضروري لعمل الإنزيمات المحفزة لإضافة مجموعة كربوكسيلية لحمض الغلوتاميك وله أيضا تأثيرات مضادة للأكسدة. ويبين الجدول (8-1) تسمية الفيتامينات على أساس انحلاليتها ورموزها.

الجدول (8-1) تسمية الفيتامينات على أساس انحلاليتها ورموزها

Vitamin		Name
Fat-soluble	A_1	Retinol (Axerophthol)
	A_2	Dehydroretinol
	D_2	Ergocalciferol
	D_3	Cholecalciferol
	E	α-, β-, γ-. . . . Tocopherol
	K_1	Phyllochinon
	K_2	Menachinon-7
Water-soluble	B_1	Thiamin
	B_2	Riboflavin
	B_6	Pyridoxal (Pyridoxin, Pyridoxamin)
	B_{12}	Cyanocobalamin
	–	Folic acid
	–	Pantothensäure
	–	Nicotin acid
	–	Nicotinamid (Niacin)
	C	Ascorbic acid
	H	Biotin

العوامل المؤثرة في ضياع الفيتامينات

1. الضوء: تتميز العديد من الفيتامينات بحساسيتها للضوء وتتفكك بسرعة عند تعرضها لإشعاع الأمواج القصيرة (مثل الأشعة فوق البنفسجية UV).

2. الأوكسجين وحموضة الوسط: تؤدي إلى تخريب فيتامين C .

3. الحرارة: حيث ينخفض محتوى الفيتامينات في العمليات الحرارية(السلق، الطبخ، التعقيم،....) بمعدل 20-40 ٪.

4. الضياع الفيتاميني الطبي المنشأ: التداخل مع بعض الزمر الدوائية كالصادات الحيوية، وخافضات السكر الفموية.

5. الضياع خلال العمليات التكنولوجية كطرق التحضير وحفظ الأغذية (التحضير والسلق والطبخ والغسل والتعقيم والتبريد والتجميد) ، فالتعقيم مثلاً يسبب فقدان في الفيتامينات أكثر من عملية التبريد.

إصلاح خلل المحتوى الغذائي من الفيتامينات

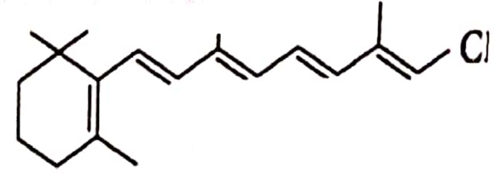
يمكن تعويض الفقد الحاصل في تركيز الفيتامينات أثنا عمليات التصنيع الغذائي بعدة طرق منها:

1. طريقة الترميم: حيث يتم إضافة نقص كميات الفيتامينات المفقودة خلال العمليات التقنية والمعالجة المطبقة على الغذاء وذلك دون زيادة أو نقصان.

2. طريقة الإغناء: يتم فيها إضافة كمية زائدة من واحد أو أكثر من الفيتامينات الموجودة أصلاً في الغذاء بحيث يصبح تركيزها أعلى من الحدود الطبيعية.

3. طريقة الإضافة: يتم إضافة كمية محددة من نوع أو أكثر من الفيتامينات غير الموجودة بشكل طبيعي في الغذاء.

طرق مقايسة الفيتامينات في المواد الغذائية



البنية الكيميائية لفيتامين A

ن مشتقات الكاروتينات التي تتواجد حصراً في الأنسجة الحيوانية، بينما تتواجد في النبات لملائع فيتامين A التي تتحول في الجسم إلى فيتامين A تحت تأثير أنزيمات Carotenase.

اليومية : 0.7-1.2 مغ أو 3000 وحدة دولية.

: كبد الحيوانات، الزبدة، الحليب، الجبن والبيض والنباتات الورقية الخضراء (السبانخ ، وغيرها).

- **نقصه:** يؤدي إلى ضعف الرؤية ومرض العشا الليلي وجفاف الجلد والأغشية المخاطية وملتحمة العين، تأخر نمو الأطفال، ظهور خطوط مستعرضة في الأظافر، تغيرات في ميناء الأسنان وعاجها.
- **فرطه:** التسمم الحاد وظهور تدهور في الوزن وحالة العظام، صداع مستمر، إقياء وقلة في التركيز.
- تتأثر ثباتيته بالحرارة العالية كالتعقيم والتجفيف والطبخ حيث يتأكسد بوجود الأوكسجين وخلال عمليات التجفيف، يعتبر ثابتاً نسبياً بتأثير الحرارة وغياب الأوكسجين.

ويوضح الجدول (8-2): محتوى بعض الأغذية من فيتامين A

مصادر حيوانية	ميكروغرام/100غ	مصادر نباتية	ميكروغرام/100غ
زيت كبد الحوت	18000	سبانخ	2689
كبد بقري	7550	نعناع	1225
صفار البيض	770	بقدونس	915

تحليل فيتامين A

- يتم استخلاص فيتامين A من المواد الغذائية بالمذيبات العضوية مع ضرورة حماية جهاز الاستخلاص من الضوء والأوكسجين، يتم بعدها تنقية الخلاصة على عمود كروماتوغرافي وتحدد كمية فيتامين A بقياس الامتصاصية عند 326 نانومتر.
- الكروماتوغرافيا السائلة HPLC : من أفضل الطرق التي تعطي نتائج عالية الدقة هي استخدام الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء HPLC، حيث تعتمد الطريقة أولاً على إجراء تفاعل تصبن للعينة (بإضافة ماءات البوتاسيوم الكحولية 10%)، ثم استخلاص الفيتامين بواسطة مذيب عضوي (هكسان + ثنائي إيتيل الإيتر)، ثم يقدر في جهاز HPLC باستخدام عمود السيليكا. من خلال علاقة رياضية خاصة يتم الحصول على تركيز الريتنول (فيتامين A) في العينة.
- طريقة كار-برايس Carr-Price-Reaction: يتفاعل فيتامين A مع ثلاثي كلوريد الأنتيموان اللامائي وتقاس امتصاصية المعقد اللوني الناتج عند 610-620 نانومتر.
- تحويل الريتينول (فيتامين A) إلى Anhydrovitamin (وهو مركب ملون) بمعالجته بحمض p التولوين p-Toluolsulfonacid وقياس الامتصاصية عند 399 نانومتر.

فيتامين D

- إن مجموعة بروفيتامين D مشتقة من الستيروئيدات التي تحوي رابطتي مضاعفتين على الحلقة B وبهذا يمكن لأشعة الشمس (الأشعة فوق البنفسجية) تنشيطها عبر مرحلتين مما يدي لتشكل فيتامين D ، لا يمكن للكائنات الحيوانية تصنيعه لكنها تستطيع الحصول عليه من خلال تنشيط البروفيتامين كما سبق.
- يساهم فيتامين D في تمثيل المواد الدهنية (استقلاب الليبيدات والسكريات والحموض الأمينية) ويثبت الكالسيوم على العظام والأسنان وينظم استقلاب الكالسيوم والفوسفور.
- **الحاجة اليومية:** تعتمد حاجة الجسم اليومية من فيتامين D على مقدار التعرض للشمس أو للأشعة فوق البنفسجية وتبعاً لمحتوى الغذاء من الكالسيوم والفوسفور. توصي منظمتي WHO/FAO بتناول 10 ميكروغرام/يوم بالنسبة للأطفال حتى سن السادسة, وكذلك للحوامل والمرضعات. أما للإنسان البالغ فتوصي بتناول 2.5 ميكروغرام/يوم أو 400 وحدة دولية.

فيتامين D

- **مصادره:** كبد الحيوانات، السمك، الزبدة، الحليب وصفار البيض والأهم أنه يتشكل في الجلد عند التعرض لأشعة الشمس.
- **نقصه:** كساح الأطفال، تلين العظام وتشوهها، التكزز، الاستعداد للأمراض الالتهابية (الأنف والبلعوم)
- **فرطه:** تكلس الأنسجة المرنة، تصلب الشرايين، فقدان الشهية، إمساك، نقان الوزن.....
- فيتامين D حساس للضوء والأوكسجين ويعتبر ثابتاً بتأثير الحرارة حتى 100 درجة ويتخرب بأكسدة الزيوت والمواد الدسمة.

تحليل فيتامين D

- تستخلص مجموعة بروفيتامين D من المواد الغذائية بالمذيبات العضوية كالكلوروفورم، وتتم التنقية على عمود كروماتوغرافي ثم تحدد في معظم الأحيان باستخدام HPLC .
- يحدد بروفيتامين D (لأنه يحتوي على روابط ثنائية) بتشكيله معقد مع ثلاثي كلوريد الأنتيموان اللامائي Antimontrichlorid وقياس طيف المعقد الناتج عند 500 نانومتر .

ويبين الجدول (8-3): محتوى بعض الأغذية من فيتامين D مقدرة بعدد الوحدات/100غرام غذاء

المادة الغذائية	عدد الوحدات الدولية	المادة الغذائية	عدد الوحدات الدولية
كبد الحوت	13200	كبد الغنم	90
صفار البيض	516	حليب مجفف	30
شحم حيواني	300	حليب بقري	2.5
كبد العجل	190	حليب الأم	1

كل وحدة دولية تعادل 0.025 ميكروغرام فيتامين D.

فيتامين E

- ويعرف باسم مركبات α− توكوفيرول. يصنع في النباتات فقط
- **أهم مصادره:** الزيوت النباتية

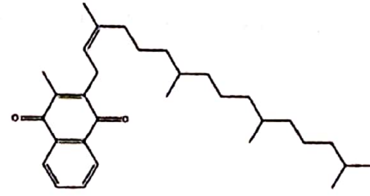
:

- يلعب دوراً في تشكل النطاف والأجنة، ينظم عمل الغدة النخامية، مضاد للأكسدة
- **الحاجة اليومية:** 20−30 مغ.
- **نقصه:** ضمور العضلات، ضعف حركة النطاف، اضطرابات استقلابية على مستوى الكبد والغدد، اضطراب في بنية ووظيفة الأنسجة.
- **فرطه:** اضطراب عصبي، الأرق وآلام باطنية.
- يحدث فقدان أثناء تصنيع الزيوت (التكرير والتصفية، القلي) حيث يتأكسد بالحرارة العالية بوجود الأوكسجين.
- لا يتأثر بالضوء العادي لكنه يتحطم بتأثير الأشعة فوق البنفسجية والأوكسجين.

تحليل فيتامين E

- يحدد التوكوفيرول بسهولة عن طريق خواصه المرجعة حيث يحول الحديد الثلاثي لثنائي التكافؤ الذي يعطي مع α,α′−Dipyridyl معقد لوني يقاس بالمطياف الضوئي. هذه الطريقة تحدد القيمة الإجمالية لكل أنواع التوكوفيرول لذلك يجب فصلها أولا كروماتوغرافياً.
- توجد اليوم العديد من طرق الكروماتوغرافيا لفصل وعزل التوكوفيرولات ولتحديدها النوعي والكمي.

فيتامين K



البنية الكيميائية لفيتامين K

- يحث هذا الفيتامين الكبد على إفراز مادة Pro thrombin اللازمة لتخثر الدم Blood clotting، يمنع النزف، يساهم في عمليات التنفس وتشكيل ATP ، وفي عمليات الاصطناع الحيوي للبروتينات
- **الحاجة اليومية:** 1 ملغ.
- **نقصه:** النزيف بسبب انخفاض نسبة البروثرومبين Pro thrombin العامل المضاد للنزف في الدم، أمراض الكبد والمرارة.
- **مصادره:** النباتات الخضراء (السبانخ والخس)، الشاي الأخضر والبندورة والشعير، اللفت والقرنبيط والملفوف، بينما تركيزه قليل في الزيوت والمواد الدسمة.
- يتأكسد فيتامين K بالضوء والعوامل المؤكسدة الأخرى و يتخرب في الوسط القلوي.
- ثابت نسبياً بالحرارة العالية وبوجود الأوكسجين.

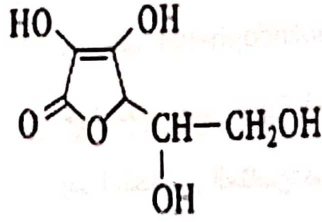
تحليل فيتامين K

- تستخلص مجموعة فيتامين K من المادة الغذائية بالمذيبات العضوية (Ether, Chloroform) ثم تفصل عن بعضها البعض بـ HPLC ثم تحدد بشكل منفصل بمقياس الطيف الضوئي photometer.
- طريقة (Craven-Reaction) حيث تتفاعل مركبات فيتامين K مع مركبات دي ايتيل دي ثيوكاربامات Diethyldithiocarbamate أو مع Cyanacetateethylester لتعطي اللون الأزرق الذي يمكن قياس امتصاصه.

الفيتامينات الذوابة في الماء

حمض الأسكوربيك - فيتامين C :

- وهو من أكثر الفيتامينات انتشاراً في الطبيعة وهو مضاد أكسدة يحمي من تشكل الجذور الحرة ويقوي المناعة ويساعد على النمو ويخفض الضغط ويزيد الشهية.



البنية الكيميائية لفيتامين C

- **نقصه:** يؤدي إلى مرض الإسقربوط (من أعراضه: نزف اللثة، تغير في بنية الأنسجة الضامة، تشوهات في العظام والأسنان، وقد يؤدي إلى الموت).
- **فرطه:** يسبب فرط تناول فيتامين C بجرعات ضخمة ولمدة طويلة حصى كلوية، إذ أن الفائض من فيتامين C يتحول إلى أوكزالات تتحد مع الكالسيوم وتشكل الحصى الكلوية.
- **مصادره:** الفواكه والخضروات الطازجة (نسبته أكبر في الأجزاء الخضراء من الخضراوات وفي الفواكه عالية الحموضة)

فيتامين C

- **الحاجة اليومية:** 10-75 ملغ.
- يتخرب فيتامين C بالوسط القلوي ، يتأكسد بسرعة بوجود شوارد المعادن الثقيلة وبالحرارة العالية، كما أن الضوء يحرض حدوث الأكسدة السريعة في الحليب والعصائر.
- يمكن التخفيف من فقدان فيتامين C في المنتجات الغذائية باتخاذ بعض الإجراءات: كتثبيط عمل الأنزيمات المؤكسدة، تجنب استخدام الأوساط القلوية، منع التماس مع أوكسجين الهواء، استخدام مضادات أكسدة تتأكسد بسرعة أكبر من حمض الأسكوربيك وبذلك تتم حمايته. ويمكن أن يضاف فيتامين C للمنتجات الغذائية لتعويض نقصه.

تحليل فيتامين C

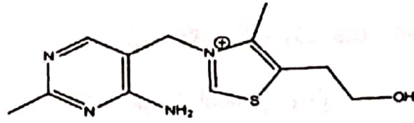
- يمكن معايرة فيتامين C في عدد كبير من المواد الغذائية بمعايرة Tillmans الشائعة وذلك باستخدام Dichlorophenolindophenol كمشعر والذي يعرف (Tillmans-Reagenz)، حيث تعاير هذه الطريقة الجزء المرجع من فيتامين C.
- يتم استخلاص الفيتامين بمزيج من حمض الخل و metaphosphoricacid لتثبيت الفيتامين ولمنع ارتباطه بالبروتين ثم معايرته باستخدام dichlorophenolindophenol البنفسجي حتى ثبات اللون الزهري.
- المعايرة بمقياس اليود بوسط من ميتا حمض الفوسفور وحمض الخل الثلجي.
- بمقياس الطيف الضوئي بعد أكسدته بالبروم فينتج dehydroascorbicacid الذي تتم مفاعلته مع 2,4-Dinitrophenylhydrazin فينتج معقد ملون.
- بمقياس الفلورة بعد تفاعله مع o-Phenylendiamin.
- بجهاز HPLC وذلك بعد تنقيته.

مجموعة فيتامينات B

تحتوي مجموعة فيتامينات B على مجموعة مركبات ذوابة في الماء وتأثيرها الفيزيولوجي متشابه رغم اختلاف تركيبها الكيميائي، فهي تنشط الأنزيمات المساعدة في التفاعلات الكيميائية كتفاعلات الأكسدة والتفكك. ويكون تأثيرها متداخل حيث لا يمكن في كثير من الأحيان تحديد الأعراض المميزة لنقص أحدها.

فيتامين B1 (الثيامين)

- له أهمية كبيرة في أداء وظيفة الجهاز العصبي.
- **نقصه:** يسبب مرض التهاب الأعصاب البري بري الذي حدث في شرق آسيا إثر استمرار تناول الأرز المقشور، اضطرابات عصبية، اضطرابات معوية وعضلية، اضطرابات الدورة الدموية.



البنية الكيميائية لفيتامين B1

- **مصادره:** قشور القمح والشعير والخميرة والخضار والفواكه والمكسرات.
- **الحاجة اليومية:** 0.5-3 ملغ.
- يتأثر ثبات الثيامين بالحرارة وبدرجة PH المحاليل حيث يتخرب بالوسط القلوي وبالمؤكسدات القوية.

ويبين الجدول (8-5) أهم مصادر فيتامين **B1**،مقدرة ب مغ /100غ.

الجدول (8-5): أهم مصادر فيتامين **B1**،مقدرة ب مغ /100غ

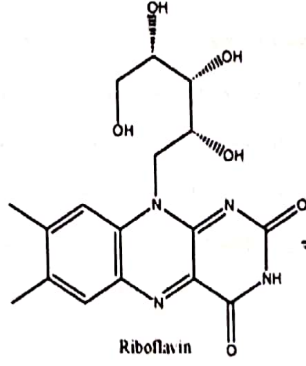
المنتج الغذائي	الكمية
خميرة البيرة	10.0-2.5
لحم البقر	حتى 6.0
الرز	0.50-0.42
دقيق القمح	0.52-0.36
لحوم الطيور	0.5-0.3

تحليل الثيامين

- يعزل الثيامين من المنتج الغذائي بمعالجته بالحمض ثم تتم التنقية المبدئية باستخدام التبادل الشاردي، ثم يحدد الثيامين بجهاز HPLC .
- ويستند هذا التحليل الحساس على أكسدة الثيامين إلى Thiochrom باستخدام فيري سيانيد البوتاسيوم أو Bromcyan. إن مركب Thiochrom قابل للذوبان في المنيبات العضوية ويمكن قياس امتصاصيته عند 375 نانومتر أو يحدد بقياس تألقه ومنه تحسب كمية الثيامين.

فيتامين B2 (الريبوفلافين)

- يعد الريبوفلافين المعروف سابقاً Lactoflavin ثابت نسبياً تجاه الوسط الحمضي ويقاوم الأوكسجين لكنه يتأثر بالوسط القلوي.
- يوجد بشكل مرتبط بالبروتينات، يدخل في تركيب الكوأنزيمات FAD, NADP, FMN ، مهم في نمو الخلايا، واستقلاب البروتين، يساعد على امتصاص الحديد واندماجه في الهيموغلوبين، ويشارك في اصطناع الحموض النووية.



البنية الكيميائية لفيتامين B2

- **الحاجة اليومية:** 1,5 ملغ.
- **نقصه:** يؤدي إلى توقف النمو وجفاف الأغشية المخاطية، انخفاض الوزن، الاستعداد للأمراض الالتهابية، اضطرابات عصبية.
- **مصادره:** السبانخ ، الخس، الموز، الخوخ، الحبوب، الكبد، الخميرة، البيض، الجبنة. ويبين الجدول (8-6) أهم مصادر فيتامين B2، مغ / 100 غ.

تحليل الريبوفلافين

الجدول (8-6): أهم مصادر فيتامين B2، مغ / 100 غ

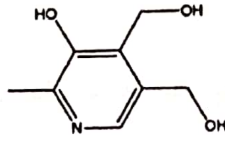
المنتج الغذائي	الكمية، مغ/100غ	المنتج الغذائي	الكمية،مغ/100غ
خميرة الخبز	3.0-2.5	السبانخ	0.4-0.2
كبد البقر والخروف	3.2-1.7	حبوب القمح	0.2-0.1
الأجبان	0.7-0.3	الفاصولياء	0.2-0.1

تحليل الريبوفلافين

- استخلاص الريبوفلافين من الغذاء بحمض ممدد، ثم التنقية بواسطة كروماتوغرافيا التبادل الأيوني ثم يحدد عن طريق قياس تألقه الأصفر المخضر عند 530 نانومتر.
- مقياس الطيف الضوئي عند 371 نانومتر.
- قياس مستوى الفلورة عند 445 نانومتر لمادة lumiflavin التي تتشكل بعد تعريض الريبوفلافين للأشعة فوق البنفسجية في محلول قلوي.

فيتامين B6

- له ثلاثة أشكال البيريدوكسين و البيردوكسامين والشكل الأكثر ثباتاً بيردوكسال.



البنية الكيميائية لفيتامين B6

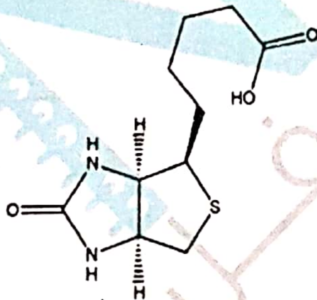
- يلعب دوراً في استقلاب البروتينات والليبيدات في الجسم وهو كوأنزيم لكثير من الأنزيمات مثل Transaminase and Carboxylase ويدخل في اصطناع التريبتوفان وحمض النيكوتين.
- نقصه: يسبب أمراض عصبية، الأنيميا، الالتهابات الجلدية، ضعف وضمور العضلات، ضعف كريات الدم البيضاء.
- **مصادره:** خميرة البيرة، الذرة والشعير، الكبد ولحم الدجاج.
- تؤدي الحرارة العالية لفقدان حتى 50% من فيتامين B6. يتأثر سلباً بالقلويات وبالتخزين الطويل.

تحليل فيتامين B6:

عادة ما يتم تحديده بالكروماتوغرافيا الغازية لكن يجب أولاً فصل الفوسفات المتصل بالبيريدوكسين أنزيمياً، وإرجاع مجموعة الألدهيد وحماية مجموعات الهيدروكسيل بالأسترة مع أنهيدريد الخل.

فيتامين H (البيوتين)

- يتواجد البيوتين بشكل حر أو مرتبط مع البروتينات أو الليبيدات أو الحموض الأمينية. يقوم بدور كوأنزيم في تفاعلات Carboxylase and Carboxytansaminase، ويدخل بتفاعلات استقلاب البروتينات والليبيدات والحموض الأمينية وفي اصطناع الحموض الدسمة والحموض العضوية



البنية الكيميائية لفيتامين H

- **الحاجة اليومية:** 150-300 ميكروغرام.
- **مصادره:** الكبد، الصويا، الفطر، خميرة البيرة، صفار البيض، البقوليات.
- **نقصه:** تشمل أعراض عوزه النادر التهاب الجلد وتساقط الشعر.
- البيوتين ثابتاً في الحرارة العالية حيث يتم فقد حوالي 10% منه أثناء عمليات تصنيع وحفظ الأغذية والبسترة.

تحليل البيوتين

- يحلل البيوتين عادة بواسطةRIA (Radioimmunoassay) مقياس المناعة الإشعاعي أو بواسطة ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) مقياس المناعة المرتبطة بالإنزيم. لهذه الغاية تستغل خاصية البيوتين بأنه يفقد نشاطه عند ارتباطه ببروتين الأفيدين.
  - بطريقة (RIA) يوسم الأفيدين بأحد نظائر اليود المشع ويتم قياس النشاط الإشعاعي للمعقد الناتج (بيوتين-أفيدين) وبعد ذلك يتم قياس شدة التألق.
  - طريقة ELISA تعتمد على قرن الأفيدين بأنزيم ما مثل البيروكسيداز أو ربطه بصبغة الفلورسنت وبعد ذلك يتم قياس النشاط الأنزيمي.

ثباتية الفيتامينات في الغذاء وتخربها خلال عملية الطهي

تسبب طرائق الطهي المختلفة وكذلك طرائق تحضير الطعام هدر الكثير من العناصر الغذائية الهامة في الغذاء. تعد الفيتامينات أكثر العناصر الغذائية حساسية ولكن تختلف فيما بينها من حيث ثباتها تجاه العوامل الخارجية، فمنها مايتم فقده عند التعرض للحرارة أو الضوء، ومنها الثابت نسبياً لكن ذوبانه في الماء يسبب فقده. ويوضح الجدول (8-7) خصائص الثباتية المتعلقة بكل من الفيتامينات على حدة عند التعرض للظروف الخارجية أو أثناء عمليات الطهي المنزلي.

يمكن أن تتخرب الفيتامينات في الخضار والفواكه بطرق عديدة في الوقت الممتد من الحصاد وحتى الاستهلاك. تعد الفيتامينات المنحلة بالماء غير ثابتة خلال عمليات الطهي والمعالجة بالإضافة إلى انتقالها من الطعام إلى سائل الطهي على عكس الفيتامينات المنحلة بالدسم، ويمكن الاستفادة من ماء الطهي الغني بالعناصر الغذائية لتحضير الشوربات.

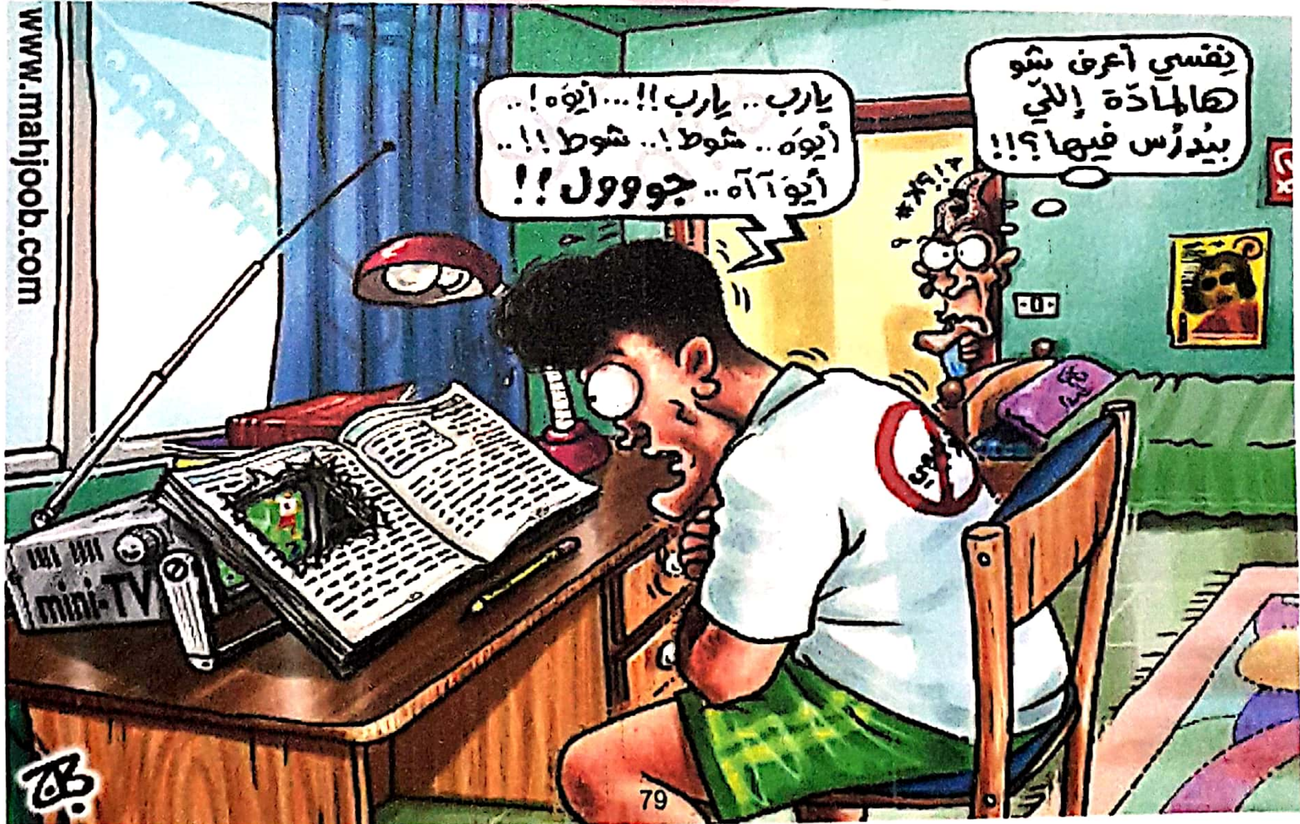
تعد الفيتامينات المنحلة بالدسم أكثر ثباتاً من الفيتامينات المنحلة في الماء تحت الظروف الطبيعية، فالفيتامين D ثابت تماماً في حين أن الفيتامين A والكاروتين ثابتان بدرجات حرارة أقل من 100 م° في

مشتقاتهما، لكن كلا الشكلين يعاني من التخرب خلال القلي والتعرض للشمس والجفاف أثناء تخزين الطعام المجفف. أما الفيتامين المنحل بالدسم الأقل ثباتاً هو فيتامين K يتخرب بوجود الحموض والقلويات والعوامل المؤكسدة أو ضوء الشمس أو الحرارة.

الجدول(8-7): ثبات الفيتامينات عند التعرض للظروف الخارجية أو أثناء عمليات الطهي المنزلي

الفيتامين	الثباتية
فيتامين A	ثابت تماما خلال التجهيز والطهي
فيتامين D	ثابت جداً في الحرارة ولكنه حساس جداً للهواء والضوء
فيتامين E	ثابت نسبياً إلا عند القلي في درجات حرارة عالية
فيامين K	ثابت في الطهي ولكنه حساس للضوء
التيامين	غير ثابت تماماً في الحرارة والأوساط القلوية، يتم فقده خلال عملية صقل الحبوب، يذوب في ماء الطهي
الريبوفلافين	حساس جداً للضوء، يتم خسارة 50% منه في الحليب المعرض للشمس أو التسخين لمدة ساعتين، ثابت نسبياً خلال معظم التجهيزات المنزلية للغذاء(إلا إذا أضيفت بيكربونات الصوديوم
فيتامين B6	ثابت نسبياً خلال معظم المعالجات
البيوتين	الاحتفاظ جيد خلال معظم التجهيزات المنزلية للغذاء
فيتامين C	غير ثابت، يحدث الفقد بسبب التعرض للهواء والضوء والحرارة وتماسه مع النحاس، كما أنه يذوب في ماء الطهي

THANK YOU



الجامعة العربية الخاصة للعلوم والتكنولوجيا

كليه الصيدله

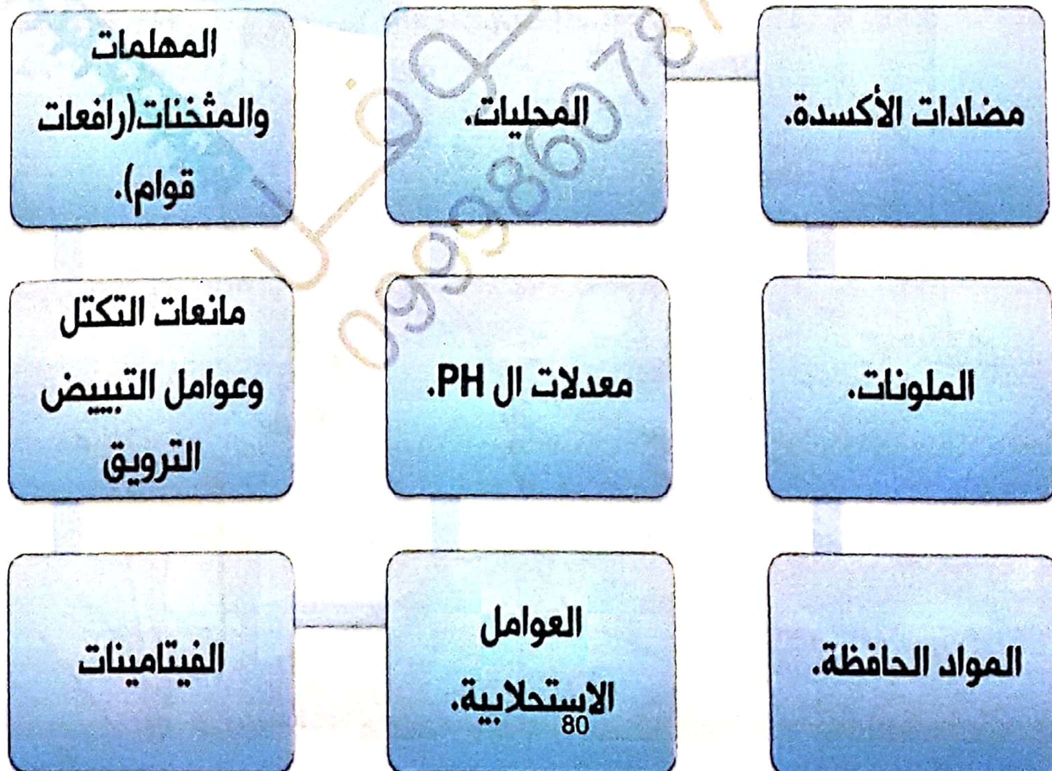
كيمياء الأغذيه و مراقبتها

د ياسر الروح

المواد الحافظة

المحاضره (9)

أنواع المضافات الغذائية



مقدمة

بداية يمكن أن نصنف الأغذية من حيث قابلية التخرّب(الفساد) spoilage إلى:

1. أغذية سريعة التخرب Highly Perishable وذلك لامتلاكها فاعلية ماء عالية كالحليب- اللحوم-البيض-الفواكه-الخضراوات.

2. أغذية متوسطة معدل التخرب Semi perishable كالطحين والمكسرات.

3. أغذية ثابتة Stable وهي المواد ذات المحتوى القليل من الماء مثل الأرز والفاصولياء الجافة(إذ يمكن أن تبقى سنتين أو ثلاثاً دون أن تتخرب.)

مظاهر تخرّب الأغذية:

- ظهور الرائحة أو الطعم غير المستحبين. Unpleasant smell and taste
- التغيّر في اللون :كالاسمرار مثلاً.
- التغيرات في القوام. Texture changes
- ظهور العفن. Mouldy

أسباب تخرب الأغذيةcauses of food spoilage

1. أسباب فيزيائية : physical كتأثير الضوء أو الحرارة أو الضغط، كما في تفاعلات الأكسدة

2. أسباب كيميائية : Chemical كتفاعلات الحلمهة وتفاعلات ميلارد والتفاعلات الإنزيمية وتفاعلات الزنخ Rancidity التي تطرأ على الأغذية.

3. العضويات الدقيقة :كالبكتيريا والخمائر Yeast و الفطور. Molds

4. عوامل أخرى كالحشرات والقوارض والطيور.

الإنزيمات المسببة لتخرب الأغذية:

الإنزيم	الغذاء	فعل التخريب
Ascorbic acid oxidase	الخضار	أكسدة (تخرب) الفيتامين C
Lipase	الحليب، الزيت	حلمهة الدسم (التزنخ)
Lipoxygenase	الخضار	الأكسدة والتزنخ الدسم تخرب الفيتامين A
Pectic enzymes	الفواكه	تخريب (حلمهة و حل) المواد البكتينية، لها دور في قوام المادة الغذائية (طراوة التفاح بعد تركها لفترة)
Peroxidases	الفواكه	الاسمرار
Polyphenoloxidase	الفواكه والخضار	الاسمرار، ظهور الرائحة غير المستحبة، فقد الفيتامين.
Proteases	البيض، السلطعون، سرطان carb، البحر lobster، الطحين flour	تقليص عمر الرف، فرط رقة اللحم overtenderization تخفيف تشكل شبكة الغلوتين
Thiaminase	اللحم، السمك، الشوندر	تخريب الثيامين (فيتامين B1)

مبادئ حفظ الأغذية

بما أن الغذاء يتخرّب إما ميكروبياً أو إنزيمياً أو بشكل كيميائي فإن سبل حفظه تنطوي على الخيارات الآتية:

1. بمنع التخرب الميكروبي للغذاء:

a) بإعاقة hindering نمو الأحياء الدقيقة ونشاطها(تثبيطها)وذلك(بخفض الحرارة، أو بإضافة مواد كيميائية.)

b) بقتل الأحياء الدقيقة(بالحرارة، بالإشعاع.)

2. بمنع التخرب الذاتي للغذاء:

a) بتخريب إنزيمات الغذاء أو تعطيلها(بالتفوير(. blanching

b) تأخير التفاعلات الكيميائية(بمضادات الأكسدة.)

التخريب الميكروبي للأغذية

- يتضمن التخرّب الميكروبي للأغذية كلاً من تخرّبها بالبكتيريا أو الخمائر أو العفن (الفطور.)

- تمتلك الأحياء الدقيقة شروطاً خاصة للحياة، كأن يكون لها درجة حرارة ملائمة أو درجة رطوبة ملائمة، أو وسطاً هوائياً أو غير هوائي حسب نوعها، كما أنها جميعها بحاجة إلى الغذاء، وهو هنا المادة الغذائية.

- لا يمكن إيقاف إصابة الأحياء الدقيقة للمادة الغذائية فهي موجودة في كل مكان، وعليه فإن السبيل الوحيدة إلى إيقاف تخريبها للأغذية هي بالتحكم بالشروط اللازمة لحياتها كما يلي:

1- درجة الحرارة

- درجة الحرارة المعتدلة هي درجة الحرارة الملائمة لنمو معظم الأحياء الدقيقة

- أما بالنسبة إلى انخفاض درجة الحرارة فلا تتحمل الجراثيم درجات الحرارة المنخفضة إلى(o4 درجة حرارة البراد)باستثناء جراثيم تدعى الجراثيم القرية(أي المحبة للبرودة)التي يمكنها تحمّل هذه الدرجة من انخفاض الحرارة، ولذلك فإننا نلاحظ أن ترك الغذاء فترة طويلة(حوالي 4 أيام)في البراد يؤدي إلى تخرّبه بالرغم من انخفاض الحرارة، والجراثيم القرية هي المسؤولة عن هذا حيث بهذه الدرجة تتثبط الجراثيم لمدة يومين، وقد يصل التثبيط لمدة أسبوع على الأكثر.

- أما درجات الحرارة دون الصفر وصولاً إلى(18- درجة حرارة الثلاجة) freezers فهي تؤدي إلى تثبيط كافة أنواع الأحياء الدقيقة عن النمو، ولذلك نلاحظ أنه يمكن حفظ اللحوم وغيرها فترات طويلة تصل إلى سنة في الثلاجة، ننتبه هنا أن الجراثيم لم تمت وإنما تثبطت لذلك اذا أخرجنا قطعة لحم من الثلاجة ثم أعدناها نلاحظ بإخراجنا لها حفزنا الجراثيم على النمو من جديد فيفضل دائماً تقطيع اللحم لقطع صغيرة بحيث تستهلك كاملة ولا تعاد إلى الثلاجة.

- عند رفع الحرارة لدرجة البسترة أي التعريض لدرجة حرارة 63 لمدة ربع ساعة، أو لدرجة 72 لعدة ثوان مع الاتباع بالتبريد الشديد المباشر .نلاحظ أن بعض الأحياء الدقيقة

1- درجة الحرارة

الممرضة تموت وبعضها يبقى على قيد الحياة(لذلك لا يمكن حفظ الحليب المبستر لأكثر من شهر.)

- عند رفع الحرارة جداً (درجة حرارة التعقيم فوق) 100 نصل للحرارة القاتلة لمعظم الأحياء الدقيقة. نتيجة :البسترة لا تسبب التعقيم، لكنها كافية لتثبيط الجراثيم الممرضة، ولذلك تكون درجة حفظ المواد المبسترة أقل من درجة حفظ المواد المعقمة، أما التعقيم فهو التعريض لدرجات حرارة عالية لعدة دقائق، لكن قد يترتب على التعقيم أن يفقد الغذاء قيمته الغذائية أو طعمه.

وبناء على ما سبق، فإن حفظ الأغذية يتم بوضعها إما في درجات الحرارة العالية جد ا(غلي وتعقيم)أو المنخفضة جدا(تجميد)وذلك حسب رغبة المستهلك.

2- درجة الحموضة

إن درجة الحموضة الملائمة لنمو الأحياء الدقيقة هي الدرجة المعتدلة 7 ، وعليه فإنه لحفظ المادة الغذائية يتعيّن إما الحفظ في pH منخفضة أو pH مرتفعة ، حيث إن العضويات الدقيقة تتخرب في الدرجات العالية من الحموضة أو القلوية كما هو مبين في الشكل الآتي:

- درجة ال pH للحوم والحليب قريبة من الاعتدال) 6.4 (ولهذا فهي تشكّل بيئات ملائمة جداً لتكاثر الأحياء الدقيقة، ولذلك لا يبقى اللحم سليماً خارج البراد مدة تزيد عن ساعات قليلة، أما الحليب فيفرط في غضون يوم، حيث يتضافر فيه عاملان، الأول احتواؤه ماءً كثيراً، والثاني درجة حموضته المعتدلة تقريباً.
- بالمقابل، فإن درجة pH الليمون تناهز 2.4 ، لذلك فإن من الصعب جداً أن نجده متلوثاً بالجراثيم، لكننا نجد أن العفن ينمو عليه، وذلك لأن العفن يتحمل شروطاً قاسية من درجات الحموضة المنخفضة أكثر من الجراثيم.
- أما درجة حموضة الصابون فهي تقارب 10 ، ولذلك فهو غير صالح لنمو الأحياء الدقيقة ولذلك نستخدمه للتنظيف.

تقنيات حفظ الأغذية

1. التفوير (: blanching أو التبييض بمعنى قصر اللون وليس جعل الغذاء أبيض) وتهدف هذه العملية إلى التخلص من الإنزيمات المسببة للاسمرار، كتفوير الأرضي شوكي(الإنغنار) قبل حفظه.
2. التبريد efrigerationR والتجميد. Freezing
3. التجفيف Dehydration ، كتجفيف الباميا لتقليل المحتوى المائي وخفض فعالية الماء.
4. البسترة. Pasteurization
5. التعليب(Canning التعقيم)، ومشكلته أنه يؤثر على الطعم، فطعم البازلاء الطازجة أو المجمدة مختلف بشكل كبير عن طعم البازلاء المعلبة، ولذلك فإن العديد من الأشخاص لا يفضلون الأغذية المعلبة.
6. التشعيع : Irradiation كأشعة غاما التي تستخدم للتخلص من الأحياء الدقيقة حيث نعقم بالأشعة البهارات التي من الممكن أن تحتوي على الأبواغ.
7. الحفظ في تراكيز عالية من الملح أو السكر، كحفظ المخللات أو المربيات ويقوم مبدأ هذه الطريقة على تقليل فاعلية الماء.

الأحياء الدقيقة	فاعلية الماء الدنيا لنموها
بكتيريا العنقوديات الذهبية Stap. Aureus	0.86
البكتيريا أليفة الملح halophilic bacteria	0.75
العفن Molds	0.61 – 0.69 – 0.78
الخمائر Yeasts	0.83–0.80 –0.70 –0.62

8. الحفظ باستخدام المواد الحافظة. preservatives

المواد الحافظة

هي عوامل كيميائية تلعب دوراً هاماً في منع فساد الكثير من الأغذية، غالباً ما تكون حموضاً ضعيفة (تخفض PH الغذاء)، تضاف إلى الأغذية السليمة unimpaired حصراً، إذ لا يجدي إضافة المادة الحافظة إلى مادة غذائية ملوثة أصلاً بالجراثيم، والسبب في ذلك أنه كلما ازداد الحمل الجرثومي في المادة الغذائية كانت هناك حاجة إلى إضافة كميات أكبر من المادة الحافظة وهذه الإضافة مقيدة بالمأخوذ اليومي المقبول من المادة acceptable daily intake يجب عدم تخطيه، وعليه فإن القاعدة الأولى في إضافة المواد الحافظة هي أن تكون المادة الغذائية سليمة من الناحية الجرثومية، وبالتالي يكون هدف إضافة المادة الحافظة هو منع تلوثها لاحقاً.

هذه المواد لا تقتل العضويات الدقيقة إنما تثبط نموها.

اختيار المادة الحافظة المناسبة

1. pH المادةالغذائية و pKa المادة الحافظة:

بما أن المواد الحافظة ذات طبيعة حمضية فيجب أن تكون لها قيمة pKa تلائم المادة الغذائية، نعلم جيداً علاقة هندرسون هاسلباخ:

$$pH = pKa + \log(\frac{base}{acid})$$

ولو فرضنا أن المادة الحافظة المرادة إضافتها هي حمض الخل، فنجد أن الشكل الحمضي منه هو CH_3COOH وأن الشكل الأساسي من CH_3COO^-، وبما أن على المادة الحافظة أن تكون بالشكل غير المتشرد لكي يكون بمقدورها عبور الأغشية الخلوية في العضويات الدقيقة فإننا نجد أن الشكل الحمضي من حمض الخل COOH3CH هو الشكل الفعّال، وعليه نعمم:

$$pH = pKa + \log\frac{[ineffective\ form]}{[acid\ effective\ form]}$$

$$pH - pKa = \log\frac{[ineffective\ form]}{[acid\ effective\ form]}$$

نرمز اختصاراً للشكل الفعال [e] و الشكل غير الفعال [ine]

إذا تساوى pH الوسط مع pKa المادة الحافظة:

$$PH=Pka \Rightarrow PH-Pka=0 \Rightarrow \log\frac{[ine]}{[e]} = 0 = \log 1 \Rightarrow \frac{[ine]}{[e]}=1 \Rightarrow [ine]=[e]$$

فتكون نسبة الشكل الفعال [e] = نسبة الشكل غير الفعال [ine] = 50٪

أي نكون عندها قد استفدنا من نصف كمية المادة الحافظة فقط، فإذا كان الغذاء يتطلب 1 غ من المادة الحافظة ، يجب إضافة 2غ لأن نصفها فقط سيكون فعالاً وهذا أمر غير مجدي عملياً لأن المأخوذ اليومي المقبول يشكل دوماً حداً يقنن إضافة المادة الحافظة.

نستنتج أنه كلما كانت قيمة الـ pH أعلى من قيمة pKa كانت نسبة الشكل الفعّال أقل و لتكون المادة الحافظة فعّالة يجب أن تكون قيمة pKa المادة الحافظة أعلى من قيمة pH المادة الغذائية.

يوضّح الجدول الآتي نسبة الشكل الفعّال من المادة الحافظة عند قيم مختلفة من فرق pH عن pKa :

pH – pKa	$\log\frac{[ine]}{[e]}$	$\frac{[ine]}{[e]}$	[e]٪
2.00	2.00	100	0.99
1.88	1.88	75	1.32
1.70	1.70	50	1.96
1.40	1.40	25	3.85
1	1	10	9.09
0	0	1	50
-1.88	-1.88	0.01	98.68

2. معامل التوزّع: distribution coefficient

يعبّر معامل التوزّع عن تركيز (انحلالية)المادة في الطور العضوي مقسوماً تركيزها (انحلاليتها)في الطور المائي:

Distribution coefficient =[*organic phase*]/[*Aqueous phase*]

- إذا كانت قيمة معامل التوزّع عالية المادة تميل لتكون منحلة في الطور العضوي.
- إذا كانت قيمة معامل التوزّع منخفضة المادة تميل لتكون منحلّة في الطور المائي.

ويتم اختار المادة الحافظة بناء على طبيعة المادة الغذائية، فإذا كانت المادة الحافظة دسمة (فعالية الماء منخفضة) تعيّن اختيار مادة حافظة ذات معامل توزع مرتفع، والعكس بالعكس.

عموماً فإن المواد الحافظة تكون في الغالب ذات معامل توزع منخفض لأن الجراثيم تفضل الطور المائي لكي تنمو وتتكاثر، ولذا يجب أن تكون المادة الحافظة محبة للماء.

3. **طيف التأثير:**

لا بد لدى اختيار العامل من معرفة العضويات الدقيقة التي يؤثر عليها، هل هي الجراثيم أم فطور العفن أم الخمائر.

تحري وجود المادة الحافظة

جميعنا نفضّل الأغذية التي لا تحتوي مضافات ومن بينها المواد الحافظة وكثيراً ما تزعم الدعايات أن الغذاء الفلاني خال من المواد الحافظة، ولذلك تحتم وجود طرق تمكّننا من كشف وجود المواد الحافظة في غذاء ما. يتضمن تحري المواد الحافظة ما يلي:

- تحري وجود العوامل المسموحة.
- تحري وجود العوامل الممنوعة.
- تحري وجود آثار من العوامل المستخدمة في التعقيم ووصلت خطأً للغذاء(في المصانع.)

وتتضمن الطرق العامة لتحري المواد الحافظة الطريقتين الآتيتين:

1- تعديل استقلاب الخمائر

لنتذكر في البدء أنه عند ترك خليط العجين مضافاً إليه الخميرة لفترة كافية فإنه ينتفخ بفضل إنتاج الخميرة أثناء نموّها غاز ثاني أوكسيد الكربون الذي يُحتجز في شبكة الغلوتين في القمح مؤدياً إلى هذا الانتفاخ المرغوب.

في طريقة تعديل استقلاب الخمائر يتم جلب أنبوبين يحتويان وسطي زرع متشابهين، في كل منهما :الغلوكوز(سكّر +)الأسبارجين(حمض أميني +)فوسفات أحادية البوتاسيوم وكبريتات المغنيزيوم(ملحان)، وهي عناصر تشكل وسطاً مغذياً ملائماً لنمو فطر الخميرة.

يضاف إلى كلا الأنبوبين فطر خميرة البيرة(خميرة الخبازين أو فطر السكيراء الجعوية Sacharomycesعلمياً)محلولاً بالماء المقطر.

يسمى أحد الأنبوبين شاهداً ويضاف إليه ماء معقم ، والثاني أنبوب اختبار يضاف إليه بدل الماء المعقم معلق معمول من المادة الغذائية التي يُدعى أنها خالية من المواد الحافظة .يكون الأنبوبان مدرجين ومزودين بغشاء قابل للتحرك، ويحضنان فترة مناسبة(ل 24 ساعة وفي درجة حرارة25

عند نمو الفطر في الأنبوب الشاهد فإنه– وكما يفعل في العجين –سوف ينتج غاز 2CO ، والذي سيتصاعد ليرفع معه الغشاء القابل للتحرك، ولأن الأنبوبين مدرجان يشير الغشاء المتحرك إلى قيمة معينة.

1- تعديل استقلاب الخمائر

وبالانتقال إلى أنبوب الاختبار ، فإذا خلَت المادة الغذائية من المواد الحافظة فإنه من المفترض أن تنمو الخميرة و تنتج 2CO و بالتالي يرتفع الغشاء إلى نفس المسافة ويشير إلى نفس القيمة التي أشار إليها في الأنبوب الشاهد، أما إن احتوت المادة الغذائية مواد حافظة فإن ذلك سيثبط نمو الفطر ، فلا ينطلق الغاز أو ينطلق بمقدار أقل، وبالتالي فإن الغشاء لن يرتفع أو سيرتفع ليشير إلى قيمة أقل من تلك التي أشار إليها في أنبوب الشاهد.

- تكشف هذه الطريقة فقط وجود المادة الحافظة أو عدمه، ولا يمكن من خلالها معرفة ماهية المادة الحافظة، ولمزيد من التخصيص يتم اللجوء بعد ذلك إلى الطريقة الثانية:

2- الأنتشار على طبقة من الجيلوز

في هذه الطريقة يتكرر مبدأ الطريقة السابقة نوعاً ما، إذ يتم العمل على مجموعتين من أطباق البتري، مجموعة شاهدة وأخرى للاختبار حيث تضم كل مجموعة منهما ثمانية أطباق، تقسم أيضا إلى مجموعتين من أربعة أطباق، وجميع هذه الأطباق تحتوي سكّر الجيلوز كوسط مغذّ، ومشعر كلوريد تري فينيل التيترازوليوم.

يتم في مجموعة الشاهد زرع الأطباق الأربعة الأولى بأنواع مختلفة من الجراثيم هي:

- ✓ الإشريشيا القولونية. Escherichia coli (Ecoli)
- ✓ السيراتية الذابلة. Serratia Maresceus
- ✓ المكوّرات العنقودية. Staphylococcus
- ✓ العصوية الرقيقة. Bacillus subtilis

ويتم زرع الأطباق الأربعة الثانية بأنواع مختلفة من الفطور هي:

- ✓ السُّكيراء الجعوية(خميرةSaccharomyces cervisiea .)
- ✓ المكنسية الزرقاء. Pencillium glaucum
- ✓ الرشاشية السوداء. Aspergillus niger
- ✓ فطر ارمداد العنب. Oidium

ثم تتم إضافة الماء المعقّم إلى هذه الأطباق.

2- الأنتشار على طبقة من الجيلوز

أما بالنسبة إلى مجموعة الاختبار فتزرع بنفس الأنواع السابقة من الجراثيم والفطور بيد أنه تتم إضافة معلّق المادة الغذائية إليها بدلاً من الماء المعقم، ثم يتم حضن جميع أطباق الجراثيم في درجة o37 يوماً كاملاً، وجميع أطباق الفطور تحضن في درجة o25 مدة أربعة أيام أو خمسة.

بما أن وسط الجيلوز يمثل وسطاً مغذياً فإن جميع الأنواع الحية السابقة في مجموعة الشاهد تنمو عليه وتعطي مستعمرات، ويفيد المشعر في تظهيرها بشكل بقع أو دوائر واضحة بلون أبيض مصفر، أما فيما يخص أطباق مجموعة الاختبار فإذا كانت المادة الغذائية خالية من المواد الحافظة

فإن من المفترض أن تكون المستعمرات ذوات أقطار مشابهة لأقطار مستعمرات المجموعة الشاهدة، أما إن احتوت مواد حافظة فلن تظهر مستعمرات أصلاً أو أنها ستنمو ولكن بمستعمرات ذوات أقطار أصغر من المجموعة الشاهدة.

بهذه الطريقة أمكننا التوجه نحو تحديد طبيعة المادة الحافظة، هل هي مضادة للجراثيم أم مضادة للفطور وعلى أي نوع تأثر تحديداً وذلك حسب نوع الأحياء المثبطة بدلالة اختفاء مستعمراتها.

تصنيف المواد الحافظة

- المواد الحافظة اللاعضوية
- المواد الحافظة العضوية
- الصادات الحيوية

المواد الحافظة اللاعضوية

1- غاز ثاني أوكسيد الكربون CO2

يقتصر استخدام غاز ثاني أوكسيد الكربون على المشروبات المكربنة(المشروبات الغازية أو المياه الغازية)لحفظها من نمو البكتيريا، حيث إنه يحرم الجراثيم الهوائية من الأوكسجين لأنه يحل محلّه(فهو فعّال ضد الهوائيات فقط)، وعلاوة على ذلك فإنه يحسّن الطعم ويولّد التأثير الناخر tingling effectعلى اللسان ويعطي مظهر الفوران. sparkling effervescent

يجب ألا تكون كمية CO2 المستعملة أقل من 6 غ/ل وفقاً للمواصفات السورية، إذ أنه لا يؤمن ضغطاً جزيئياً كافياً لحفظ المادة الغذائية إذا كان بتركيز أقل من ذلك، فهو يؤثر على الجراثيم الهوائية حيث يحرمها من غازO2

يتم إجراء عملية الكربنة Carbonation غالباً عند درجات حرارة منخفضة 4 م وضغط مرتفع من أجل زيادة انحلالية ثاني أوكسيد الكربون، وعليه فإن فاعلية CO2 تزداد في درجات الحرارة المنخفضة، حيث تتم العملية بتبريد المشروب الذي يحوي كمية كبيرة من السكر بالإضافة للملون و المنكه والحموض وبإمرار الغاز على مبردات ثم إضافة الغاز إلى المشروب وكلاهما باردان.

كلما كانت قساوة الماء المستخدم بالمشروب الغازي أقل(أي محتواه من الكالسيوم والمغنزيوم أقل)كان طعمه ألذ وكانت انحلالية 2CO فيه أكبر، والعكس صحيح في قساوة الماء المرتفعة، لذلك تتطلب صناعة المشروبات الغازية ماء ذا قساوة منخفضة.

2- مركبات الفلور

أكثر مركبات الفلور شيوعاً كمادة حافظة هو فلوريد الصوديوم NaF ، وقد كان يُضاف في الماضي إلى النبيذ واللحم، غير أن استعمال مركبات الفلور في المواد الغذائية انتهى ولم تعد تضاف إلا إلى معاجين الأسنان وأحياناً إلى العلكة.

السبب في إيقاف استخدام مركّبات الفلور كمواد حافظة في الأغذية هو أن مقاديره الكبيرة تؤدي إلى تبقعات في الأسنان ومشاكل في العظام، وهو أمر لوحظ لدى سكّان سوريا القاطنين في المناطق القريبة من حقول الفوسفات في تدمر كالسخنة والمخرّم، والتي تحتوي مياهها مقادير عالية من الفلور، إذ يعاني سكان تلك المناطق من تبقّعات في الأسنان وآلام في المفاصل بسبب هذا، ولذا يقتصر استخدام مركّبات الفلور اليوم على معاجين الأسنان، ففترة التماس معها قليلة، والكمية المبتلعة – إن ابتُلعت – تكون زهيدة جداً، وقد يعطى للأطفال اذا تأكدنا تماماً أن الماء الذي يشربونه لايحوي على فلور.

معايرة مركبات الفلور في المنتجات الغذائية:

تُعاير مركبات الفلور حجمياً بتحويل الفلور إلى حمض فلور الماء HF الذي يعاير باستخدام نترات التوريوم thorium nitrate في ظلّ وجود مشعر هو أليزارين سلفونات الصوديوم Sodium alizarin sulfonate .

3- حمض البور

السبب في إيقاف استخدام حمض البور هو أنه يتراكم في النسج الشحمية مسبباً التقيؤ وفقد الشهية، كما أنه يشكّل معقّدات مع الفيتامين B6 مؤدياً إلى حرمان الجسم منه(مضاد تغذية)، وخصوصاً عند الأطفال، الأمر الذي قد ينتهي بالتهاب في الأعصاب(لذلك يعتبر مضاد تغذية.)

معايرة حمض البور في المنتجات الغذائية:

حمض البور حمض ضعيف لا تمكن معايرته مباشرة بطريقة حمض – أساس، ولذا كان لا بد من وسط لا مائي كالغليسرين لإظهار صفاته الحمضية، غير أن هذه الطريقة غير دقيقة في كشف مقاديره القليلة في المنتجات الغذائية، كما أن العديد من الحموض العضوية تتداخل في هذه الطريقة.

أما الطريقة المثلى لمعايرته فهي الترميد incineration فتحترق المواد العضوية وتبقى المواد اللاعضوية، ثم يتم استخلاص معدن البور بالميتانول ويضاف ألكيل الأليزارين Alkyl

alizarin ليشكل معقداً لونياً أحمر معه يتم قياس امتصاصه بمقياس الطيف الضوئي spectrophotometer .

4- بلاماء حمض الكبريت وأملاحه

يستعمل SO_2 بالشكل الغازي أو بشكل أملاح بيسلفيت الصوديوم $NaHSO_3$ أو البوتاسيوم $KHSO_3$أو أملاح ميتابيسلفيت الصوديوم 5O2S2Na أو البوتاسيوم. $K_2S_2O_3$

عند إضافة SO_2 فإن جزءاً منه يقترن مع السكاكر والإيتانول وبعض المواد الملونة ويفقد فاعليته الحافظة، أما القسم الحر المتبقي فهو الذي تعزى إليه الفاعلية المضادة للميكروبات antimicrobial activityوهو الذي يعطي الرائحة النمطية للطعام، يمتد طيف SO_2 ليشمل الخمائر والعفنات والبكتيريا.

يستخدم SO_2 في إنتاج الفواكه المجففة والخضار وعصائر الفاكهة، كما يضاف إلى النبيذ، كما أنه يمتلك العديد من الخصائص الأخرى:

محاسن استخدام:SO_2

1. يلعب دور عامل مضاد للأكسدة، ويمكن إضافته إلى المادة الغذائية على هذا الأساس.
2. يثبط تبدّل لون discoloration المادة الغذائية بتثبيطه المركبات التي تمتلك مجموعة كربونيل نشيطة، أي إنه يثبّط الاسمرار غير الإنزيمي أو تفاعلات ميلارد.
3. يثبط تبدل لون المادة الغذائية بتثبيطه أكسدة الفينولات بإنزيمات الفينول أوكسيداز، أي إنه يثبط أيضاً تفاعلات الاسمرار الإنزيمي.
4. يعمل كعامل مرجع يزيل حوامل اللون chromophores من بُنى الميلانونيدين melanoidin مؤدياً إلى تأثير قاصر للون في الأصبغة والأغذية إذ تمكن إضافته إلى الطحين الأسمر لجعله أبيض.

مساوئ استخدام: SO_2

1. يخرّب الفيتامين(B1 التيامين)من خلال شطر جسر الميتيلين وتتشكل نواة التيازول لذلك لا تفضل إضافته إلى الأغذية التي تعد مصدراً له(مضاد تغذية.)
2. يعطي تأثيراً تآزرياً لدى الكحوليين، فالكحول بذاته يعيق امتصاص الفيتامين B1 وعند إضافة SO_2إلى النبيذ كمادة حافظة فإن الكحوليين يصبحون أكثر عوزاً بالفيتامين ويصابون بمتلازمة فيرنيكه – كورساكوف Wernicke – Korsakoff syndrome من أعراضها الدوخة وفقدان الوعي.
3. يستقلب SO_2 ومشتقاته عموماً إلى السلفات ويُطرح في البول، ويتحسّس الأشخاص الذين لديهم عوز في إنزيم السلفيت أوكسيداز من المواد التي أضيف إليها SO_2 لأنهم لا يكونون قادرين على استقلابه فيتراكم في الجسم.
4. لا يضاف SO_2 إلى مادة مرتفعة الحرارة لأنه يتبخر.

معايرة بلا ماء حمض الكبريتي: SO_2

أبسط طرق المعايرة تتضمن استخلاص عينة المادة الغذائية بالماء SO_2 (ينحل بالماء)، ثم قسمها إلى عينتين.

تتم معايرة العينة الأولى بالصود مباشرة وبوجود مشعر الفينول فتالنين فنكون بذلك عايرنا الحموضة بالغذاء بشكل عام، أما العينة الثانية فيضاف إليها قطرات من الماء الأوكسجيني الذي يحفز أكسدة SO_2 إلى حمض الكبريت H_2SO_4 ، ثم تعيد معايرة الحموضة مجدداً و بنفس الخطوات ونحسب المصروف الجديد(أي هنا عايرنا كل الحموض بالإضافة إلى(H_2SO_4

بما أن أكسدة SO_2 أضافت إلى الوسط حموضة إضافية فإن فارق المصروفين يدل على مقدار حمض الكبريت المتشكّل حديثاً، وهو بدوره يدل على مقدار SO_2 الموجود.

المواد الحافظة العضوية

1- حمض البروبيونك و أملاحه

يكون معظم فاعلية حمض البروبيونيك COOH3CH3CH ضد الفطريات molds ، ويمتلك فاعلية أقل تجاه البكتيريا.

يستخدم حمض البروبيونيك و أملاحه كمضافات في المنتجات المخبوزةbacked products لتثبيط الفطريات ومنع تخيط(ropiness تعفن)الخبز المسبب بفعل العصويات المساريقية Bacillus mesentericus، حيث يضاف بتركيز 0.2 % إلى الطحين.

تستخدم كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة TLC لتحرّيه ومعايرته.

2- حمض الخل

حمض الخل أكثر فاعلية ضد البكتيريا منه ضد الفطور (العفن)، ولذلك نلاحظ أنه يمكن أن تنمو على الخلّ والمخللات(التي يضاف إليها روح الخل)طبقة من العفن.

يستخدم حمض الخل في حفظ الكتشب والمايونيز والحمض والخضار المخلّلة pickled vegetablesو الخبز.

3- حمض السوربيك

من أشهر المواد الحافظة وأوسعها استعمالاً.

فاعلية حمض السوربيك هي بشكل رئيس ضدّ الفطور والخمائر، وبشكل أقل تجاه البكتيريا.

تعتمد فاعلية حمض السوربيك على ال pH ، فيوصى باستخدامه في pH تساوي 6.5

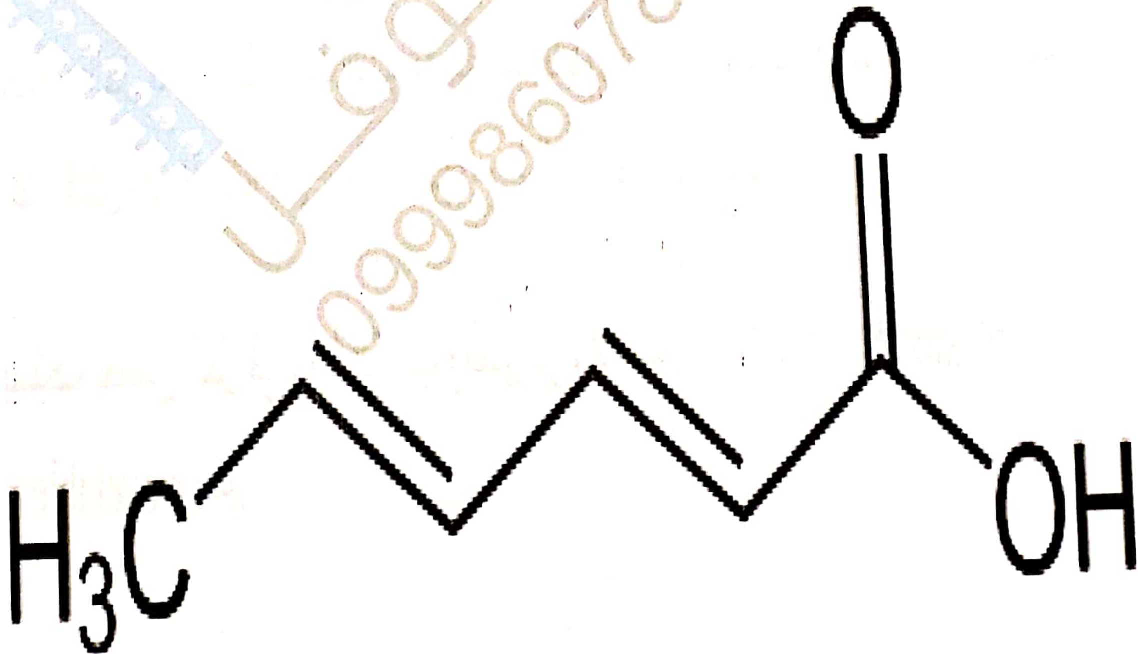
يمتلك حمض السوربيك صيغة تشبه صيغ الحموض الدسمة، ولذا فإنه يتدرّك كيمياحيويا كما تتدرك الحموض الدسمة بآلية الأكسدة البائية. oxidation - □

تمتلك بعض العضويات الدقيقة مثل فطور Penicillum roqueforti القدرة على نزع الكربوكسيل من حمض السوربيك وتحويله إلى 1 – 3 بنتادين الذي لا يمتلك أية فاعلية مضادة للميكروبات، والذي قد يسهم في النكهة غير المستحبة off – flavor في الجبن.

حمض السوربيك غير فعّال تجاه العصيّات اللبنية، وبالتالي فإن هذا الأمر مفيد في حفظ الحليب والجبن لأن القضاء على العصيات اللبنية سيفقدنا القدرة على تحويل الحليب إلى أي منتج من منتجاته.

يستخدم حمض السوربيك في المنتجات المخبوزة، الأجبان، المشروبات(عصائر الفاكهة)،حلوى الجيلي، المارغرين.

حمض السوربيك



4- حمض الجاوي (البنزوئيك)

يستخدم هذا الحمض بشكل ملحه القلويّ(بنزوات الصوديوم)لأن انحلالية الحمض الحر منخفضة.

يطرح حمض البنزوئيك بالإفراز في البول بشكل حمض الهيبوريك. hippuric acid

يستخدم في حفظ الأطعمة الحامضة(Sour حيث ال pH تساوي 4 – 4.5 أو أقل)، وفي حفظ المشروبات، الفواكه، مربّى البرتقال. marmalades

قد يحدث تغيّر في النكهة، وخصوصاً في منتجات الفواكه كنتيجة لمتوالية من عمليات الأسترة على حمض البنزوئيك.

قد تؤدي زيادة استخدام حمض البنزوئيك إلى نقص في الفيتامين. A

قد يتحسس من حمض البنزوئيك الأشخاص الذين لديهم حساسية من الأسبرين، وقد يتحسس منه مرضى الربو.

يستخدم حمض البنزوئيك في الكتشب والصلصات وحلوى الجيلي وغيرها.

إسترات بارا هيدروكسي حمض البنزوئيك

تستخدم الإسترات الألكيلية لبارا هيدروكسي حمض البنزوئيك (البارابينات)كمواد حافظة في البضائع المخبوزة والمشروبات والمشروبات اللينةّ(soft drinks أي غير الكحولية، خصوصاً المكربنة منها)والبيرة والزيتون.

تختلف هذه المركبات عن بعضها بطول السلسلة وكلما ازداد حبها للدسم وأصبحت أقل انحلال بالماء.

تستخدم هذه الإسترات بشكل واسع كعوامل مضادة للفطريات antifungal ، وهي فعالة أيضاً ضد الخمائر، لكنها أقل فاعلية ضد الجراثيم.

يمكن استخدام هذه المركبات ضمن مجال واسع من قيم ال pH لأن فاعليتها مستقلة تقريبا عن ال. pH

تؤمن الوظيفة الفينولية صفة حمضية ضعيفة لجزيئات هذا المركب، مما يعطيها تأثيراً بسيطاً غير مستحب على النكهة.

5- التيابيندازول

التيابيندازول قوي ضد الفطور التي تسبب العفن الأزرق(مثل جنس Penicillium italicum)، ويستخدم لحفظ قشور الحمضيات والموز.

تسمى المركبات الثلاثة(الديفينيل والأورتو – فينيل فينول والتيابيندازول)بمضادات العفنات على السطوح(سطوح الحمضيات).

حينما نشاهد حمضيات معدة للتصدير وتكون كل قطعة ملفوفة بورقة وحدها فإن كل ثمرة تكون قد أضيف إليها واحد من تلك المركبات الثلاثة، أو يمكن الاستعاضة عن ذلك بغط dipping الفاكهة في معلّق المادة الحافظة(فلا تتغلغل في الثمرة، فهذه العملية تهدف إلى تجنّب تعفن السطح الخارجي للفاكهة، وعند المعايرة يجب ألاّ يعثر على أثر للمادة الحافظة في الثمرة، بل على القشرة فقط.

6- دي إيتيل ودي ميتيل بيروكربونات

(DEPC, DMPC)

مركبان ذوا فاعلية مضادة للميكروبات تغطي الخمائر والعفنات والجراثيم.

يتحلمه دي إيتيل بيروكربونات DEPC معطياً CO_2 والإيتانول، ويتحلمه دي ميتيل بيروكربونات DMPC معطياً CO_2 والميتانول

يمكن ل DEPC في ظلّ وجود أملاح الأمونيوم(ضمن الغذاء)أن يشكّل إيتيل الأوريتان(ايتيل كاربامات)

وبما أن إيتيل الأوريتان مسرطن فإن DEPC لم يعد مسموحاً به في الأغذية، ويجب أن يستبدل ب DMPC لأن ميتيل الأوريتان غير مسرطن.

كلا المركبين يستخدمان في حفظ عصائر الفاكهة والنبيذ والبيرة.

7- حمض الخل البرومي

حمض الخل البرومي هو أشيع أنواع حمض الخل المهلجن(باستبدال هالوجين بهيدروجين.)



CH_2-COOH - Br

يستخدم في بعض الأغذية الخاصة كالبيرة.

يُحدد بمعايرة البروم، وذلك بتحريره باستخدام كربونات الكالسيوم ثم إضافة كاشف السلفوفوشين sulfophochine الذي يعطي معه معقداً برتقالياً.

بعض الصادات الحيوية المستعملة كمواد حافظة

1- الناتامايسين و النايسين

الناتامايسين فعّال ضد الفطريات.

يستخدم كمضاف غذائي في معالجة سطح الجبنة والنقانق الخام لكن المصنع إلى الآن لم يصرح عنه ضمن المنتجات.

الناتامايسين هو صاد حيوي يملك فعالية لمعالجة الفطور الجلدية لكن لم يعد يستخدم فهو أكثر مأمونية كمضاد غذائي.

النايسين هو عديد ببتيد مضاد جرثومي، فعّال ضد إيجابيات الغرام وجميع البذيرات. spores

يستخدم في الجبنة والحليب المكثّف.

2- عوامل أخرى مضادة للميكروبات

وهي مطهرات لا تستخدم كمواد حافظة بل لتطهير أرضيات معامل الأغذية والأدوات المستعملة، وبناء على ذلك يجب ألا توجد في المواد الغذائية، ومن تلك العوامل نذكر:

- الأوزون Ozone ويستخدم في تعقيم المياه.
- مركبات الكلور Chlorine dioxide مثل ثاني أوكسيد الكلور (ماء جافيل)، ويستخدم في تعقيم المياه.
- الفورمالين Formalin ويمتاز بأنه يطهّر الأرضيات والجو معاً(كونه يتطاير)، كما يستخدم لحفظ الموتى.

يجب تجنب وصول الفورمالين للمادة الغذائية نهائياً لأنه خطير ولا يكشف بسهولة فهو يشكل معقدات مع البروتينات وعند كشفه يظهر التفاعل سلبي مع أنه الفورمالين موجود ضمن المادة الغذائية ،لذلك لمعايرته يجب تحريره من معقداته مع البروتينات ثم يعاير بكاشف – 4,2 دي نيترو فينيل هيدرازين أو باستخدام كلور الحديد.

3- أملاح الأمونيوم الرباعية

وهي مركّبات تخفض التوتر السطحي للجراثيم فتقتلها، تستخدم في التنظيف لذلك تصل آثار منها إلى المواد الغذائية.

تعاير أملاح الأمونيوم الرباعية باستخدام ثاني كلور الميثان وزرقة البروموفينول، حيث تضاف زرقة البروموفينول إلى المادة الغذائية ويجري الاستخلاص بثاني كلور الميثان فتقوم أملاح الأمونيوم الرباعية(بخفض التوتر السطحي)بسحب زرقة البروموفينول إلى ثاني كلور الميثان فتلوّنه بالأزرق، أما في حال عدم وجود أملاح الأمونيوم الرباعية فلن تنتقل الزرقة إلى ثاني كلور الميثان(فلا يتلوّن)وستبقى في المادة الغذائية.

المحاضرة التاسعة

المكملات الغذائية

Dietary Supplements

المكملات الغذائية هي المواد التي تباع في الأسواق بدون وصفة طبية وعلى نطاق واسع لغايات وقائية أو علاجية

وتشمل أحد أنواع المنتجات التالية أو مزيج منها:

1- فيتامينات ومعادن

2- حموض أمينية

3- منتجات نباتية وعشبية

4- أنزيمات

5- ألياف غذائية

كثيرون هم من يستهلكون هذه المكملات الغذائية لغايات وأهداف ولكن قبل استعمال أي مكمل غذائي علينا التأكد من أمور أساسية هي: الأمان والفعالية ، الجرعة والنوعية.

أما الأشخاص الذين يمكنهم الاستفادة من المكملات الغذائية فهم:

- الذين يعانون من نقص في المغذيات
- النساء الحوامل والمرضعات
- الأطفال حديثي الولادة والرضع
- المسنون
- المصابون ببعض الأمراض الاستقلابية (كعدم تحمل اللاكتوز والغلوتين)
- النباتيون

مكملات فيتامين 6 خلال فترة الحمل.

المكملات الغذائية عند الحوامل والمرضعات

المتطلبات الغذائية أثناء الحمل وأهم المكملات الغذائية:

تزداد الحاجات الغذائية عموما" أثناء الحمل وترتبط بتطور المشيمة والرحم وأنسجة الثدي عند الأم وتشكيل المخزون الغذائي الذي سينتقل إلى الجنين ولاستعماله أثناء الولادة وأثناء الإرضاع أيضاً.

علماً أنه في الثلث الأول من الحمل لا توجد أية زيادة ملحوظة في حجم الجنين وبالتالي فليس هناك حاجة لزيادة الوارد الغذائي أما في الثلثين الثاني والثالث فيجب زيادة الوارد من المغذيات وهذه الزيادة يجب أن تكون بحدود 300 كالوري يومياً.

1- البروتينات:

كما رأينا سابقاً تزداد حاجة الأم الحامل إلى البروتينات أثناء الحمل وذلك لأن البروتينات تساهم في نمو الجنين وفي تطور المشيمة وزيادة حجم الدم لدى الأم وتشكل السائل الأمينيوسي لديها وغيرها.

2-المواد الدسمة (الحموض الدسمة أوميغا 3):

ينصح بادخال الحموض الدسمة أوميغا-3 وبالتحديد (DHA) بمقدار 300 ملغ/يوم.

3-السكريات:

تمثل السكريات المعقدة كالنشا ثلثي الكمية الواردة مع الغذاء أما السكاكر البسيطة المتأتية عن الفواكه والحليب فتمثل ثلث الكمية الواردة.

بالاضافة إلى المغذيات الأساسية تزداد حاجة المرأة الحامل إلى بعض المكملات الغذائية وخاصة في الثلث الأخير من الحمل.

المعادن والفيتامينات

تحتاج الحامل إلى بعض المكملات من المعادن أهمها الكالسيوم والحديد واليود.

أما بالنسبة للفيتامينات فأهمها:

حمض الفوليك: يساعد حمض الفوليك على منع العيوب الخلقية للطفل المعروفة باسم عيوب الأنبوب العصبي neural tube defects.

يجب تناول 400 ميكروغرام من أقراص حمض الفوليك يومياً منذ أن البدء بالتخطيط للحمل وحتى الأسبوع 12 منه.

مكملات فيتامين B6: أظهرت بعض الدراسات أن مكملات فيتامين B6 قد تساعد في حالات الغثيان (غثيان الصباح) ولكن ليس القيء خلال فترة الحمل.

المكملات الغذائية أثناء الارضاع:

تحتاج المرضع عموماً إلى مقدار زائد من الطاقة أثناء الارضاع من أجل انتاج الحليب حيث يفرز منه يومياً حوالي 600-850 مل.

تحتاج الأم خلال ال 6 أشهر الأولى من الارضاع إلى زيادة من الطاقة 550 كالوري في اليوم وخلال 6-12 شهر من الارضاع تحتاج الأم إلى زيادة من الطاقة قدرها 400 كالوري في اليوم وهذه الزيادة يجب أن تكون بالبروتينات بشكل خاص بحيث يجب زيادة حوالي ٧٥ غ من البروتين الجيد يومياً.

ومن أهم المكملات الغذائية للمرضع:

الكالسيوم: يعتبر ضرورياً لافراز الحليب لدى الأم المرضع. يفرز عادة مع حليب الأم حوالي 30-40 ملغ من الكالسيوم/100 مل من الحليب والكميات الاضافية من الكالسيوم تعتبر ضرورية لتمكين الاحتفاظ بالكالسيوم في حليب الثدي.

الحديد: ضرورياً جداً لتأمين الحديد المفرز بالحليب وباعتبار أن معظم النساء المرضعات يحصل لديهن انقطاع بالطمث فان هذا يؤدي إلى توفير 1 ملغ من الحديد يومياً والتي كانت تضيع بدم الحيض. لذلك فان متطلبات المرأة المرضع من الحديد هي مشابهة لمتطلبات المرأة غير الحامل (30 ملغ/يوم).

الفلورايد: يبدأ تطور الأسنان عند الرضع في مرحلة مبكرة، مما يستلزم حصولهم على كميات مناسبة من الفلورايد الذي يساعد على تشكل الأسنان القوية وتجنب تسوسها لاحقاً. يتم عادةً الحصول على الفلورايد من مياه الصنبور (مياه الشرب)، ولهذا لا يحتاج الأطفال الذين يتناولون الحليب الصناعي المحضر باستعمال هذه المياه إلى المكملات الحاوية عليه. إلا أن تحضير الحليب الصناعي باستعمال المياه منخفضة المحتوى من الفلورايد أو الاعتماد على الرضاعة الطبيعية فقط (كمية الفلورايد منخفضة جداً في حليب الأم) قد يستدعي إعطاء الطفل المكملات الحاوية على الفلورايد منذ عمر الست أشهر.

فيتامين C: تفرز كمية منه في حليب الأم لذلك يجب ادخال كمية اضافية منه (25 ملغ/يوم).

فيتامين D: علماً أنه يمكن أن يحصل الطفل على حاجته من الفيتامين D من خلال تعريضه لأشعة الشمس.

المكملات الغذائية عند الرياضيين

مقدمة:

لقد كثر في الآونة الأخيرة استخدام المكملات الغذائية لدى الرياضيين في كل أنحاء العالم، فبالاضافة إلى المغذيات الأساسية المتضمنة للقدرة كالبروتينات والسكريات والدسم والتي تعتبر عموماً أساسية بالنسبة للرياضيين وغير الرياضيين على حد سواء، فان كثيراً من المكملات الغذائية كالفيتامينات والمعادن ومضادات الأكسدة وبعض الهورمونات الستيروئيدية أصبحت توصف بكثرة للرياضيين وذلك لتأمين نشاط وتحمل مثالي لهم قبل وأثناء وبعد المنافسة الرياضية.

في هذا الفصل سوف نتطرق للحديث عن أهم المكملات الغذائية المستخدمة لدى الرياضيين أنواعها والغاية من استخدامها وأمانها وفق الأبحاث العلمية الحديثة.

أهم المكملات الغذائية المستخدمة من قبل الرياضيين:

الفيتامينات ومضادات الأكسدة:

- دور منظم ومساعد في عمليات الاستقلاب ← تحسين الاداء الرياضي
- تدخل الفيتامينات B المعقدة في استقلاب السكريات والدسم ← الطاقة
- الفيتامين C و E (مضادات أكسدة) ← الأداء أثناء المنافسة
- عوز الفيتامينات (أقل من ١/٣ الكمية الموصى بها) ← انخفاض الكفاءة الرياضية

1- <u>البروتينات والحموض الأمينية:</u>

وتشمل المكملات من البروتينات المركزة والحموض الأمينية الصرفة.

أ- البروتينات:

الحاجة للبروتينات عند الرياضيين تكون عالية فقط عند الرياضيين النشيطين جداً

رياضيي المقاومة يحتاجون عادة إلى 1.7-1.6 غ بروتين/كغ

بينما رياضيو التحمل فيحتاجون تقريباً إلى 1.4-1.2 غ/كغ

وتستخدم البروتينات من أجل:

- تعزيز الاحتفاظ بالنتروجين وزيادة حجم العضلات ولمنع التحطم العضلي خلال التمارين المديدة.
- تحريض اعادة تصنيع الغليكوجين العضلي بعد الأداء الرياضي.
- منع حدوث فقر دم رياضي بتحريض اصطناع اضافي للهيموغلوبين والميوغلوبين والأنزيمات المؤكسدة خلال التمرين الهوائي.

تتواجد البروتينات في الأسواق بأشكال متنوعة مثل الوي بروتين Whey protein وهو السائل الناتج بعد تشكيل الجبن والكازئين وبروتين البيض والكولوستروم وهو حليب البقر الأولي وغيرها.....

ب- الحموض الأمينية الصرفة: وهي ناتجة أساساً من تحطم البروتين الغذائي والذي يحوي حوالي 20 حمض أميني وقد شاع استهلاك الحموض الأمينية بشكل فردي وصرف كمكملات غذائية رياضية نظرياً من أجل تحسين أداء الرياضي.

يتم عادة تحسين الأداء الرياضي بعدة طرق منها:

- زيادة افراز الهورمونات البنائية
- تعديل استهلاك الطاقة أثناء التمرين
- منع التأثيرات الجانبية عند الافراط في التدريب

ومن أهم الحموض الأمينية الصرفة المستخدمة يمكننا أن نذكر: التريبتوفان، الغلوتامين، الأسبارتات، الأرجينين، الاورنيثين، الليزين، التيروزين، التورين، اللوسين والايزولوسين، الفالين والحموض الأمينية المتشعبة، وسوف نركز على أكثر هذه الحموض شيوعاً في الاستخدام.

<u>الغلوتامين:</u> يستخدم الغلوتامين عادة كمكمل رياضي لكونه مولد للطاقة بآليات متنوعة، فهو وقود هام لبعض خلايا الجملة المناعية كالمفاويات Lymphocytes والبالعات Macrophages والتي تنخفض معدلاتها نتيجة للتمارين الشديدة والمديدة ، كذلك يمكن للغلوتامين أن يحرض العضلات على اصطناع الغليكوجين كما عرف عنه أيضاً تأثيراته المقوية للعضلات لكن الدراسات الحديثة لم تؤكد تأثيره على قوة العضلة ولا على الاستجابة المناعية للعضلات.

<u>الحموض الأمينية المتشعبة السلسلة (BCAA):</u> يعتقد الكثير من الباحثين أن الكميات الزائدة من السيروتونين في الجسم يمكن أن تسبب التعب والانهاك لدى الرياضي ، فخلال تمارين التحمل الهوائية المديدة يتم استنفاذ غليكوجين العضلات ويزداد اعتماد العضلات على الحموض الأمينية المتشعبة السلسلة كاللوسين والايزولوسين والفالين من أجل الحصول على الوقود وهذا ما يؤدي إلى انخفاض تراكيز هذه الحموض في البلاسما.

كما يعمل اللوسين أيضاً بطريقة مشابهة لعمل الهورمون في كونه ينشط اصطناع البروتين العضلي مباشرة.

وقد أظهرت دراسة حديثة بالمقارنة مع الدواء الوهمي Placebo أنه عند اعطاء كمية يومية من الحموض الأمينية المتشعبة تقدر ب 20 غ (10 غ صباحاً و 10 غ مساءً) قبل أسبوع واحد من التمرين قد خففت من ألم العضلات بحوالي 30% ومن تضرر العضلات بنسبة 22% وحسنت من الكفاءة العضلية خلال فترة التعافي.

وهنا لا بد من التنويه إلى أن زيادة المدخول من المحاليل المركزة للحموض الأمينية قد يكون لها آثار سلبية على الرياضي اذ يمكن أن تقوم بسحب الماء إلى داخل الأمعاء مما يؤدي إلى حدوث تخريش ، تقلصات وتشنجات واسهالات لدى الرياضي.

الأرجينين: يدخل الأرجينين في زمرة محفزات أو مولدات اول أكسيد النتروجين NO والتي تعطى عادة قبل التمرين الرياضي فتعمل على تحريض توسع الأوعية في العضلات أثناء الممارسة الرياضية وبالتالي تؤدي إلى زيادة تدفق الدم أما الجرعات التي تعطى لهذا الغرض فهي حوالي 3 غ.

قد يلجأ الرياضي أيضاً إلى تناول الأغذية الغنية بمحفزات NO مثل الخضار الجذرية كالفجل والجزر والشوندر والخس وغيرها.

2- الكرياتين مونوهيدرات:

وهو مكون طبيعي للعضلات ، أهم المصادر الغذائية الطبيعية الغنية به هي اللحوم الحمراء والأسماك، يحتاج الجسم يومياً إلى 2 غ من الكرياتين لتعويض الكمية المتفككة منه إلى كرياتينين والضائعة في البول.

أما عند الرياضيين فتصل الجرعة اليومية منه إلى 3-5 غ ، يتم استهلاك الكرياتين من قبل الرياضيين كمكمل رياضي لزيادة كمية الكرياتين فوسفات في العضلات وزيادة حجمها وكفاءتها.

3- الكارنيتين:

هو مركب شبيه بالأحماض الأمينية، يساعدُ على تحويلِ الدّهونِ في الجسمِ إلى طاقة، وذلكَ عبرَ نقلِ الأحماضِ الدهنيةِ من الدم إلى خلايا الميتوكوندريا حيث تتمُّ أكسدتُها.

يميلُ الجسمُ عادةً إلى امتصاصِ الكارنيتين من الغذاءِ أكثرَ منهُ من المكمّلات، وتتراوحُ نسبةُ امتصاصِه من الغذاءِ بين % 57-84 ، بينما لا تتجاوز % 18 - 14 من المكملات.

على الرّغم من أن الكارنيتين يؤخذ عادةً لتعزيزِ الأداء الرياضي، إلا أن الأدلّةَ الحاليّةَ ما زالت غيرَ كافيةٍ ولا بدّ من إجراء المزيدِ من الأبحاث لإثبات فعاليّتِهِ على تحسينِ الأداء.

4- الكافئين:

وهو عبارة عن منشط لطيف للجهاز العصبي المركزي يجعل الرياضي يشعر بالتنبيه المستمر أثناء المنافسة مما يسهل عليه الأداء كما يعطى الكافئين من أجل تأثيراته الحارقة للدهون والمسرعة للأيض أو الاستقلاب، ينصح باعطاء جرعة من الكافئين سابقة للتدريب مقدارها بين 200-600 ملغ.

5- مركبات الاوميغا-3 (DHA & EPA):

يعطى زيت السمك الغني بالأوميغا-3 لتأثيراته الواضحة في تخفيف ألم العضلات وتوترها ولزيت السمك أيضاً فوائد كثيرة عند الرياضيين حيث بينت الدراسات أن زيادة الوارد من الاوميغا-3 يقوي من حساسية الانسولين ويبطئ من فقدان العضلات لدى الرياضيين، وعلاوة على ذلك فقد وجد مؤخراً أن مشاركة الاوميغا-3 مع التمرين من شأنه أن يزيد من معدلات خسارة الدهون ويقلل من ألم العضلات وتورمها بعد الرياضات العنيفة .

يعطى الرياضي عادة حوالي 500 ملغ يوميا" من DHA و EPA ويمكن رفع الجرعة إلى 1 غرام يومياً.

6- المنشطات من الهورمونات الستيروئيدية Anabolic Steroids :

يحظر عموماً على الرياضيين استخدام هذه الزمرة من المركبات بهدف زيادة كتلة العضلات نظراً للآثار الضارة البعيدة المدى والتي قد تؤدي للموت كأورام الكبد واحتشاء العضلة القلبية والسكتة الدماغية وتصلب الشرايين الحاد.

ومن هذه المنشطات نذكر هورمون النمو البشري (HGH) Human Growth Hormone الذي يستخدم بشكل خاطئ من قبل بعض الرياضيين بهدف تحليل الشحوم وزيادة حجم العضلات الا أن هذه التأثيرات ما زالت غير مثبتة علمياً.

المكملات الغذائية عند مرضى السكري:

1- الألفا-ليبوئيك أسيد ALA :

هو عبارةٌ عن مضاد أكسدةٍ قوي لديه مقوماتٍ علاجيةٍ متعددة.

تشير الدراسات إلى أنه عاملٌ محفزٌ أساسيٌ في التفاعلات الأنزيمية المتعلقة باستقلاب الغلوكوز، إضافةً إلى أنه قد يستخدم للمساعدة في علاج الاعتلال العصبي السكري والتخفيف من الألم الناتج عن أذية الجذور الحرة.

دراساتٌ أخرى أشارت إلى دور ALA في خفض متلازمة مقاومة الإنسولين وبالتالي ضبط غلوكوز الدم.

2- الكروم Cr :

يتواجد الكروم طبيعيا بكثير من الأغذية كالبروكولي، عصير العنب، الحبوب الكاملة، البطاطا، الموز، لحم البقر، عصير البرتقال وغيرها..... وهو من المعادن النادرة الأساسية يساعد الجسم على استخدام الغلوكوز بكفاءة.

أظهرت الدراسات أن استخدام الكروم إما بشكل كلوريد الكروم Chromium chloride أو استخدام خميرة البيرة كمصدر له يحسن كثيراً من تحمل الغلوكوز Glucose Tolerance لدى المرضى المصابين بالداء السكري من جهة ويخفض من قيمة مستويات السكر الصيامي.

3-المغنيزيوم Mg:

يتواجد المغنيزيوم طبيعيا" في مصادر غذائية عديدة كالحبوب الكاملة، المكسرات، الخضار ذات الأوراق الخضراء وغيرها وهو ضروري لتعزيز قدرة الجسم على استخدام الغلوكوز.

إن عوز المغنيزيوم في الجسم قد يزيد من امكانية الاصابة بداء السكري الا أن الدراسات العلمية لم تثبت حتى الآن دور هذا المعدن كمكمل غذائي في التحكم بداء السكري لكنها وجدت أنه يقلل من خطر الاصابة بمرض السكري من النمط الثاني عند الأشخاص الأصحاء.

لا يوجد أية تأثيرات جانبية هامة للمغنيزيوم ويعتبر آمناً بالجرعات الموصوفة أما بجرعات عالية فيمكن أن يسبب تشنجات بطنية واسهالات أما اذا أخذ بتراكيز عالية جدا" تفوق 5000 ملغ/يوم فيمكن أن يسبب الوفاة.

4- الفيتامينات:

من أهم المكملات من الفيتامينات الضرورية للسكريين في بعض الحالات الخاصة نذكر :

-حمض الفوليك والفيتامين B12 تعتبر ضرورية عند النساء السكريات قبل الحمل وأثناء الحمل أو عند الارضاع.

- الفيتامين D عند الأطفال والبالغين (1-70 عام) اذ يجب أن يتناولوا 400 وحدة دولية من الفيتامين D يومياً ويمكن أن يحتاج بعض الأشخاص إلى جرعات أعلى منه.

أما باقي الفيتامينات والمعادن فيمكن أن ينصح بها ايضاً فقط في حال وجود عوز غذائي بها أو حاجة خاصة لها وهذا ما يجب أن يحدده الطبيب المختص عادة.

المكملات الغذائية عند مرضى ارتفاع التوتر الشرياني:

يجب تشجيع مرضى ارتفاع التوتر الشرياني على اتباع الحمية الغذائية الموقفة والمعالجة لارتفاع ضغط الدم Dietary Approches to Stop Hypertension (DASH) وهي حمية تتصف بكونها:

- غنية بالخضار والفواكه
- مصدر جيد للألياف وخاصة من الحبوب الكاملة
- غنية بمشتقات الحليب القليلة الدسم
- غنية بالبروتينات من مصدر نباتي
- منخفضة المحتوى بالصوديوم
- متوسطة المحتوى باللحوم الغير معالجة والفقيرة بالدسم بالاضافة للدجاج والسمك
- متوسطة المحتوى بالدسم غير المشبعة
- قليلة المحتوى جداً بالدسم المشبعة والدسم ترانس

تعتبر كل من الحمية العلاجية الموقفة لارتفاع الضغط DASH بالاضافة إلى تغيير نمط الحياة وزيادة النشاط الفيزيائي عند مريض ارتفاع ضغط الدم العاملان الرئيسيان الذان يشكلان الخط الأول للعلاج.

ومع ذلك فقد كثر في الآونة الأخيرة استخدام بعض المكملات الغذائية التي تساعد في محاربة هذا المرض خاصة عند كونه خفيفاً أو إلى جانب المعالجة الدوائية عند كون المرض متقدماً وسوف نتطرق إلى أهم هذه المكملات وأكثرها استخداماً وآلية عملها حسب الزمر الخافضة لضغط الدم.

الفيتامين D: بينت أحد الدراسات التي نُشرت في مجلة Lancet أنه ومن خلال مراقبة حوالي 150 ألف مريض في أوروبا وأميركا الشمالية، تبين أن ارتفاع تراكيز الفيتامين D المصلية بمقدار 10% يقلل من خطر الإصابة بارتفاع الضغط الدموي بمقدار 8%. ويرتبط ذلك من خلال تخفيض تركيز الرينين والأنجيوتنسين II التي تتميز بدورها القابض للأوعية.

المغنزيوم:

إن تناول 500-1000 ملغ من المغنزيوم يومياً يساعد في خفض الضغط الدموي بمقدار جيد.

إن مشاركة المغنيزيوم مع البوتاسيوم إضافةً إلى التقليل من تناول الصوديوم يؤدي إلى نتائج على صعيد خفض الضغط الشرياني أكثر أهميةً من أن يؤخذ المغنيزيوم وحده، وإن فعالية هذه المشاركة قد تعادل الأدوية المستخدمة في هذا السياق.

كذلك فإن المغنزيوم يعزز عمل العديد من الأدوية المستعملة لتخفيض الضغط وذلك من خلال دوره المباشر وغير المباشر كموسع وعائي.

حمض الفوليك:

يعتقد الباحثون أن حمض الفوليك ينقص من خطورة ارتفاع الضغط الشرياني عن طريق تحسين تدفق الدم من جهة أو زيادة مرونة الأوعية الدموية من جهة أخرى.

حيث بينت أحد الدراسات أن تناول 1000 مكغ من حمض الفوليك عند مجموعة من النساء تتراوح أعمارهن بين 27-44 سنة قد قلل من خطر الإصابة لديهن بارتفاع الضغط بمقدار 46% بالمقارنة مع النساء اللواتي تناولن أقل من 200 مكغ من حمض الفوليك في اليوم.

مضادات الأكسدة والأوميغا والكوانزيم Q10:

من المثبت علمياً أن مضادات الأكسدة والأوميغا-3 والأوميغا-9 والكوأنزيم Q10 (وهو أنزيم يتواجد في الميتوكوندريا ويدخل في انتاج الطاقة بالاضافة لكونه مضاد أكسدة) تعمل كمثبط لفوق الأكاسيد التي تمنع تحرر وتشكل أول أكسيد الأزوت في جدران الشرايين وبالتالي توسع هذه الأوعية.

فقد بينت بعض الدراسات أن معالجة بعض مرضى ارتفاع ضغط الدم بالكوأنزيم Q10 قد خفض ضغط الدم الانقباضي لديهم بشكل ملحوظ.

كذلك الحال بالنسبة للحموض الدسمة أوميغا-3 المؤلفة من Docosahexaenoic Acid (DHA) و (EPA) Eicosapentaenoic acid فقد اقترحت أكثر من دراسة ادخال هذا المكمل في الحمية الغذائية لمرضى ارتفاع ضغط الدم وخاصة اذا كان المريض لا يتناول الأغذية الغنية به كالأسماك أو المدعمة به بشكل كاف يصل إلى 3400 ملغ/يوم حيث وجد أن هذا المقدار من شأنه خفض الضغط الانقباضي بمعدل 2.5-4.5 ملم زئبقي والانبساطي بمعدل 1.5-3 ملم زئبقي.

المحاضرة العاشرة

العسل

التركيب الكيميائي للعسل

يحتوي العسل في تركيبه على 200 مادة مختلفة تقريباً [8]، ويتألف بشكل أساسي من السكريات، الماء، مركبات أخرى مثل: البروتينات (الأنزيمات)، الحموض العضوية، فيتامينات (بيرودكسين، ثيامين، نياسين، ريبوفلافين، حمض البانتوثينيك) والمعادن (كالسيوم، نحاس، حديد، مغنيزيوم، منغنيز، فوسفور، بوتاسيوم، صوديوم، زنك)، أصبغة، مركبات فينولية، مركبات طيارة مختلفة، جزيئات صلبة تشكلت نتيجة مراحل جمع العسل من مصادره الطبيعية [1، 9، 10].

- **السكريات في العسل:**

تشكل السكريات الأحادية حوالي 75% من السكريات الكلية الموجودة في العسل، في حين تشكل السكريات الثنائية من 10-15% وكميات ضئيلة من سكريات أخرى. وتعتبر هذه السكريات مسؤولة عن العديد من صفات العسل مثل: محتواه العالي من الحريرات، اللزوجة، الشفافية، قابليته للتبلور [11].

يعتمد تركيب السكريات في العسل بشكل أساسي على البيئة الزهرية، والمنطقة الجغرافية، المناخ، عمليات الفصل والتخزين [2-4]، كما يعتبر تحديد تراكيز الفركتوز والغلكوز بالإضافة للنسبة بينهما مؤشرات مفيدة في تصنيف العسل الطبيعي [12].

في معظم أنواع العسل يكون تركيز الفركتوز أعلى من تركيز الغلكوز باستثناء بعض الأنواع التي يكون تركيز الغلكوز أعلى وهذه الأنواع تكون أكثر قابلية للتبلور [2].

درست المكونات السكرية في العسل في العديد من الأبحاث حول العالم، حيث تم تحديد العديد من السكريات مثل: الفركتوز، الغلكوز، السكروز، رامنوز، التتريهالوز، تريهالوز، مالتوز، إيزومالتوز، مالتولوز، رافينوز، ايرلوز وغيرها[13].

- **البروتينات في العسل:**

يختلف محتوى البروتينات في العسل تبعا لنوع النحلة العاملة، فعلى سبيل المثال يكون محتوى البروتين في عسل الـ Apis cerana حوالي 0.1-3.3% في حين يكون حوالي 1.6%- 0.2 في عسل الـ Apis mellifera [14].

كما تعد البروتينات والحموض الأمينية في العسل ذات مصدر حيواني ونباتي، لأن النحلة أثناء تصنيع العسل تستخدم رحيق الأزهار النباتي وتضيف له المفرزات من الغدد اللعابية والغدد الأخرى لتصنيع البروتينات [8].

تشكل الحموض الأمينية 1% من تركيب العسل، ويختلف نوعها في العسل باختلاف مصدر العسل (رحيق الأزهار، الأجزاء النباتية) [15].

يعتبر البرولين الحمض الأميني الرئيسي في العسل وحبات الطلع حيث يشكل (85%- 50) من الحموض الأمينية الكلية الموجودة في العسل [16، 17]. كما يعتبر مقياسا هاما لتحديد مدى نضج العسل وغشه بإضافة المحاليل السكرية، حيث تسمح المواصفة القياسية العالمية بحد أدنى من البرولين وهو 180 ملغ/كغ [15، 18]. وبالإضافة إلى البرولين يحتوي العسل على حموض أمينية أخرى مثل: حمض الغلوتاميك، حمض الأسبارتيك، الغلوتامين، الهيستدين، الغليسين، التيرونين، بيتا الانين، أرجينين، الفا الانين، حمض غاما امينو بيوتريك، تيروزين، فالين، ميثيونين، سيستئين، ليوسين، ايزوليوسين، تريبتوفان، فينيل الانين، اورنيتين، لايزين،

سيرين، اسبارجين و الانين [15، 19، 20]. وأكثرها تواجدا حمض الغلوتاميك، الالانين، التيروزين، فينيل الانين، ليوسين، ايزوليوسين [21].

وتشكل الأنزيمات جزءا من البروتينات الموجودة في العسل والتي تشمل: الانفرتاز، الفا وبيتا غليكوزيداز، الكاتالاز، حمض الفوسفاتاز، الديأستاز والغلكوز أوكسيداز [14، 22]. إن أنزيمات الديأستاز هي أنزيمات مفككة للنشاء وتتضمن مجموعتين (الفا وبيتا أميلاز)، حيث تعمل الـ الفا اميلاز على تحويل النشاء إلى ديكسترين، في حين تعمل الـ بيتا أميلاز على تحويل النشاء إلى سكر المالتوز [22].

تقوم مجموعة أنزيمات الغلكوز أوكسيداز بتحويل الغلكوز إلى غلوكانولاكتون والذي يعطي بحلمهته حمض الغلوكونيك، وبالإضافة إلى ذلك يعطي الغلكوز أوكسيداز مع الغلوكانولاكتون بيروكسيد الهيدروجين والذي يمتلك تأثيرات قاتلة للجراثيم [23].

تؤدي عمليات فصل العسل وتخزينه إلى نواتج غير مرغوب بها نتيجة تفاعل ميلارد الحاصل بين الوظائف الكربوكسيلية للسكاكر المرجعة والوظائف الأمينية للبروتينات والحموض الأمينية، ويدخل في هذا التفاعل بشكل رئيسي البرولين، حمض الغاما أمينو بيوتريك والأرجينين [16].

- **الحموض العضوية في العسل:**

يحتوي العسل على حموض عضوية بنسبة 0.57 % كحد أقصى [24]، تتشكل هذه الحموض العضوية إما بتحويل السكريات من خلال الأنزيمات المفرزة من الغدد اللعابية للنحل اثناء تحويل العصارات النباتية إلى العسل، او يكون منشأها من رحيق الأزهار نفسه [25].

ويختلف تركيب الحموض العضوية في العسل تبعا للمنطقة الجغرافية ومصدر الرحيق، وتؤثر هذه الحموض على لون وطعم ورائحة العسل وعلى بعض الخواص الفيزيائية مثل الحموضة ، درجة الـPH

والناقلية الكهربائية [26]. ومن هذه الحموض العضوية: (الأسبارتيك، الزبدة، الليمون، الخل، النمل، اللبن، الطرطير، الفوماريك، الغلوكاتورونيك، الغلوكونيك، الغلوتاميك، الغلوتاريك، الماليك، المالونيك، ميتيل مالونيك، البروبيونيك، البيروفيك، الكوينيك، الشيكميك، السوكسينيك، الاوكساليك) وتتراوح PH العسل بين 3.42 و 6.11 حسب مواصفة الـ FAO [25– 27].

يعد حمض الغلوكونيك الحمض العضوي الرئيسي في العسل وهو يعتبر من النواتج الثانوية لتفاعلات تفكك السكروز من خلال أنزيم الغلكوز اوكسيداز المفرز من النحل أثناء نضج العسل [24] ، وتعتبر حموض الليفينيك والفورميك الموجودة في العسل والمشتقة من الـ5هيدروكسي ميتيل فورفورال من الحموض التي تزيد من تركيز الحموضة الحرة في العسل [28].

ترتفع حموضة العسل نتيجة ارتفاع تراكيز الحموض العضوية فيه اثناء التخزين، ويعود هذا الارتفاع إلى تفاعلات تخمر السكريات بفعل الأنزيمات الموجودة في العسل، وتؤثر الحموض العضوية في الصفات الحسية للعسل كالطعم والرائحة [28، 29].

- **الفيتامينات في العسل:**

يحتوي العسل على كميات صغيرة من الفيتامينات، خاصة فيتامين ب المركب وتشمل الفيتامينات الموجودة في العسل على: الثيامين، الريبوفلافين، حمض النيكوتينيك، حمض البانتوثينيك، البيرودكسين، البيوتين، حمض الفوليك، فيتامين C، وهذه الفيتامينات تبقى ثابتة في العسل نتيجة انخفاض درجة الـPH في العسل [30].

كما يحتوي العسل على كميات ضئيلة جدا من الفيتامينات المنحلة بالدسم (A- D- E- K) [31]، يتواجد الفيتامين C في معظم أنواع العسل، وهو يمتلك خصائص مضادة للأكسدة،

ويعتبر تحديد تركيزه مؤشر غير ثابت على جودة العسل لأنه مركب يتخرب ويتأكسد بالتفاعلات الكيميائية والأنزيمية ويتأثر بالحرارة والضوء [32].

ويمكن تحديد الفيتامينات المنحلة في الماء الموجودة ضمن العسل مثل: فيتامين C، فيتامين (B2، B3، B5، B9) بالطرائق الكيميائية التقليدية أو من خلال تقنية الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء ذات الأطوار المعكوسة [9].

إن نسبة الفيتامينات في العسل يمكن أن تتناقص نتيجة عمليات التصفية التي تجرى عليه لأنها تؤدي إلى نزع حبوب اللقاح والتي تعتبر مصدر غني للفيتامينات، كما يتناقص تركيز فيتامين C نتيجة عمليات الأكسدة التي تحدث بوجود أنزيم الغلكوز أوكسيداز [9].

- **المعادن في العسل:**

يحتوي العسل على مجموعة من المعادن تختلف باختلاف طبيعة العسل وتتضمن: البوتاسيوم، المغنيزيوم، الكالسيوم، الحديد، الفوسفور، الصوديوم، المنغنيز، اليود، الزنك، الليثيوم، النيكل، الكادميوم، النحاس، الباريوم، كروم، سيلينيوم والفضة. والتي تعتبر ذات فوائد تغذوية وحيوية هامة عند الانسان [1، 33].

يتراوح محتوى المعادن في العسل بين 0.04% في أنواع العسل ذات اللون الفاتح، و 0.2 % في أنواع العسل ذات اللون الغامق [1]. ويعود اختلاف محتوى العسل من العناصر المعدنية إلى اختلاف طبيعة التربة والأزهار والثمار التي تتغذى عليها النحل، ويمكن أن يعكس محتوى العسل من العناصر المعدنية طبيعة النبات التي تتغذى عليها النحل [1، 8، 33].

أشارت بعض الدراسات إلى أنه يمكن تحديد نوع العسل استنادا إلى محتوى العناصر المعدنية ضمنه، حيث وجد أن العسل الإسباني يحتوي على تراكيز مرتفعة من المنغنيز، أما عينات العسل الهنغاري تحتوي على تراكيز منخفضة من الكادميوم والكروم والنحاس [34، 35].

يعتبر البوتاسيوم العنصر المعدني الأكثر تواجدا في العسل، ويشكل ثلث مجموع العناصر المعدنية الموجودة في العسل، وتتواجد باقي العناصر المعدنية بكميات قليلة، وهي تلعب دورا أساسيا في التفاعلات الحيوية في جسم الإنسان والتي تتضمن عمليات الاستقلاب المختلفة وتنشيط الدورة الدموية وتسريع العمليات الحيوية في الجسم [1، 36].

إن ارتفاع تركيز بعض العناصر المعدنية الثقيلة في المواد الغذائية مثل الزرنيخ، الرصاص، الكادميوم، الزئبق فوق الحدود الدستورية يمكن أن تؤدي إلى تأثيرات سمية، ويتميز العسل بتراكيز منخفضة من هذه العناصر، وتسمح منظمة الصحة العالمية (WHO)، ومنظمة الزراعة والغذاء (FAO) بحدود قصوى من الزرنيخ تصل إلى 15 ميكروغرام/كيلوغرام، ومن الرصاص تصل إلى 25 ميكروغرام/ كيلوغرام، ومن الزئبق 5 ميكروغرام/ كيلوغرام، ومن الكادميوم 7 ميكروغرام/ كيلوغرام، لوحظ ارتفاع تراكيز العناصر المعدنية الثقيلة في العسل المنتج بالقرب من المناطق الصناعية، لذلك يعتبر التحديد الكمي للعناصر المعدنية في العسل ضروريا بسبب تأثيراته السمية في صحة الإنسان [35، 37].

وعلى عكس الفيتامينات والحموض الأمينية تعتبر العناصر المعدنية غير قابلة للتفكك أو التخرب نتيجة التعرض للحرارة أو الضوء أو تغيرات درجة الـPH أو العوامل الحيوية الأخرى التي تؤثر على المركبات العضوية [38].

كما تدخل العناصر المعدنية في تركيب العديد من الأنزيمات التي تلعب دورا هاما في العمليات الحيوية في جسم الانسان لذلك من الضروري احتواء الغذاء على مثل هذه المعادن، ويشكل العسل مصدرا هاما لها [39].

- **المركبات الفينولية في العسل:**

تمثل المركبات الفينولية مجموعة من المركبات الكيميائية غير المتجانسة والتي تتضمن حوالي الـ10000 مركب، وتصنف إلى مجموعات مختلفة حسب تركيبها الكيميائي إلى مركبات فلافونوئيدية ومركبات غير فلافونوئيدية [40].

تتكون المركبات الفينولية من حلقة عطرية مرتبطة بمجموعة هيدروكسيلية واحدة أو أكثر في بنيتها الكيميائية، وهي متنوعة بين مركبات منخفضة الوزن الجزيئي وبوليمرات ذات وزن جزيئي مرتفع [41].

تشكل الحموض الفينولية قسما هاما من المركبات الفينولية وهي ذات خصائص حيوية هامة وتتواجد بشكل أساسي في الخضار والفواكه، وتعتبر نواتج استقلاب ثانوية ضرورية للعمليات الحيوية التي تحدث في النباتات، وهي مركبات تلعب دورا مضادا للأكسدة وتمنع تشكل الجذور الحرة وتثبط أكسدة المواد الدسمة، ويمكن أن تصنف حسب بنيتها الكيميائية إلى مجموعتين: حمض الهيدروكسي بنزوئيك وحمض الهيدروكسي سيناميك [42].

وتتوزع الفلافونئيدات بشكل عام في بذور وأوراق ولحاء النباتات والأزهار والأشجار وهي تؤمن حماية للنباتات من الأشعة فوق البنفسجية والعوامل الممرضة كالفيروسات. تحتوي النباتات على مركبات متعددة الفينول مختلفة ذات بنى متنوعة ومعقدة، وعندما تقوم النحلات العاملات بجمع رحيق الأزهار تنتقل هذه المركبات الفعالة حيويا من النباتات إلى العسل [43].

أجريت العديد من الدراسات لتحديد المركبات الفينولية الموجودة في العسل وتم إثبات وجود: حمض الفانيليك، الكافيئيك، سيرينجيك، بيتا كوماتريك، فيروليك، 3هيدروكسي بينزوئيك، ايلايجيك، غاليك، روزمارينيك، بينزوئيك، كويريستسن، كامبيفيرول، ميريستين، بينوبانكسين، بينوسيمبرين ،كرايزين، غالانجين [44، 45].

يعتبر تحديد المركبات الفينولية في العسل مشعرا مهما يدل على نوع الأزهار أو النباتات التي جمع منها الرحيق، كما هي تؤمن حماية للنباتات من الأكسدة لانها تقلل من تشكل الجذور الحرة فيها [46] وتعود الخواص المضادة للأكسدة الرئيسية في العسل لإحتوائه على المركبات الفينولية المختلفة والتي تعتبر مسؤولة عن بعض الفوائد العلاجية للعسل [44].

تعتمد القدرة المضادة للأكسدة في الفلافونئيدات على عدد وتوضع الوظيفة الهيدروكسيلية في هذه المركبات، حيث تزداد الفعالية المضادة للأكسدة بازدياد عدد الوظائف الهيدروكسيلية ضمن الحلقة العطرية، كما أن اختلاف البنية الحلقية وتوضع الروابط المضاعفة فيها يؤثر على القدرة المضادة للأكسدة ضمن هذه المركبات [44، 46].

يتأثر تركيز المركبات الفينولية في العسل بالشروط المناخية وعمليات الاستخلاص التي يتعرض لها نتيجة تفككها إلى مركبات كيميائية أخرى [47]، ويؤدي تعرض العسل للحرارة من أجل تحسين قوامه أو من أجل منع التبلور مع الزمن إلى نقصان في تركيز العديد من المواد الفينولية فيه، كما أن احتواء العسل على بعض المواد المؤكسدة مثل بيروكسيد الهيدروجين يؤدي إلى تفكك بعض أنواع المركبات الفينولية ونقصان تركيزها ضمنه [48].

- **المركبات الطيارة في العسل:**

يحتوي العسل على مجموعة من المركبات الطيارة المختلفة والتي تعتبر مسؤولة عن طعم العسل، حيث يختلف تركيبها حسب نوع الرحيق، منشأ العسل، شروط التخزين، عمليات

الاستخلاص.

ويمتلك العسل المنتج من نوع محدد من الأزهار على طعم مميز بسبب احتوائه على مركبات عضوية طيارة تميز هذه الأزهار [49].

يعود مصدر المركبات الطيارة في العسل إلى النبات نفسه أو نتيجة تحويل النحل لبعض المركبات النباتية إلى مركبات طيارة نتيجة تفاعلات حيوية، او نتيجة التخمرات التي تحدث في العسل بعد القطاف بسبب وجود بعض الأحياء الدقيقة ضمنه [5].

يحتوي العسل على أكثر 400 مركب طيار، والتي تعتبر مؤشر نوعي للكشف عن العسل، على سبيل المثال يحتوي عسل الليمون على مركبات طيارة نوعية تعطيه نكهة مميزة وهي:

(3,9-epoxy-1-þ-mentadieno, t-8-þmenthan-oxide-1,2-diol and cis-rose)

أما عسل الأوكاليبتوس فتعود نكهته المميزة إلى المركبات الكيتونية والكبريتية الطيارة [49، 50].

يحتوي العسل على مزيج من المركبات الطيارة المختلفة بتراكيز ضئيلة، وهي تشمل التربينات ومشتقاتها ، بعض المركبات الكحولية ، الاسترات، الألدهيدات، الحموض الدسمة الطيارة [10].

إن اختلاف طول السلسلة الكربونية في الحموض الكربوكسيلية تعتبر المسؤولة عن طعم العسل، وعلى سبيل المثال: حمض الخل يعطي الطعم الحار للعسل، في حين الحموض الخماسية والسداسية مثل حمض الزبدة تعطي الطعم الزنخ للعسل [5].

تشكل الكحولات مجموعة واسعة وهامة ضمن المركبات الطيارة في العسل ووجودها دليل على أن العسل حديث القطاف [49].

في دراسة قام بها العالم Radovic وزملائه على 43 عينة عسل مجموعة من مناطق مختلفة، وجدو أن المركبات الطيارة في العينات تتألف من الألدهيدات والكيتونات الخطية والمتفرعة، ومركبات كحولية قصيرة السلسلة في معظم هذه العينات [50].

أثبتت العديد من الدراسات أن المركبات الطيارة في العسل يختلف تركيزها مع الزمن، أو نتيجة عمليات التصنيع المتتالية التي تؤدي إلى زيادة تراكيز بعض المركبات الطيارة أو إلى نقصان تراكيز بعضها الأخر [3، 12].

1-1 مراقبة العسل والمواصفة القياسية السورية:

Honey control and Syrian official standard

تشكل المعايير المستخدمة في توصيف العسل خطوة هامة في سبيل ضبط تجارة العسل واستهلاكه، سواءً على المستوى المحلي أو العالمي، وقد وضعت معظم الدول معايير لمواصفات العسل تختلف فيما بينها اختلافات قليلة أو كثيرة، لذلك سعت منظمة الأغذية والزراعة الدولية وجهات أخرى لوضع مواصفات عالمية تطبق خاصة في التجارة الدولية للعسل ويمكن أن تأخذ بها الدول مع بعض التعديل مراعيةً ظروفها الخاصة، فشكلت اللجنة العالمية لمواصفات العسل International Honey Commission (IHC) وقد اعتمدت اللجنة على تحليل مئات (وأحياناً آلاف) عينات العسل من عدد من الدول وأدخلت بعض الاعتبارات المحلية في الحسبان فأصدرت التعديل السادس لمعايير مواصفات العسل العالمية ومقارنته مع المواصفات الأوروبية [162].

تسعى اللجنة العالمية للعسل المشكّلة في عام 1990 إلى توحيد مواصفات العسل وطرق تحليله بحيث تُطبّق في التجارة العالمية وعلى المستوى العالمي مع إمكانية إصدار مواصفات خاصة بمنطقة أو

بلد مُعيَّن. وقد لاحظت اللجنة عدم الاهتمام بالمواصفات الخاصة بنوع العسل حسب مصدره وكذلك عدم الاهتمام بتركيز أنواع السكريات الأحاديّة. تتشابه المواصفات الأوروبية (EU Standard) مع مواصفات اللجنة العالمية للعسل (Codex Alimentarius) [163، 164] .

هناك معايير خاصة للنوعية مقترحة من كل من اللجنة العالمية للعسل والمواصفات الأوروبية بالنسبة للسكريات والهيدروكسي ميثيل فورفورال وهي:

محتوى السكريات الظاهري:

في أنواع العسل الزهرية تشكل السكريات الظاهرية المرجعة النسبة العظمى من السكريات فيها، لكن

في أعسال الندوة العسلية يختلف الأمر كثيراً. فهذه الأعسال تحتوي على نسبة عالية من الأوليجوسكريات الغير مختزلة مثل الميليزيتوز، المالتوتريوز و الرافينوز[162] .

وبسبب هذه المكونات تم تعديل المواصفات في مواصفات اللجنة العالمية للعسل، حيث تم خفض الحد الأدنى لنسبة السكريات المختزلة من 60% إلى 45%، بينما تحتفظ المواصفات الأوروبية بالمستوى السابق 60% كحد أدنى [164].

يقاس السكروز الظاهري بصورة غير مباشرة بالفارق بين السكريات الكلية والسكريات المرجعة، وهي غالباً ما تكون مختلفةً عن السكروز الحقيقي. في هذه الحالة تتشابه كلتا المواصفتين لكن مواصفات اللجنة العالمية للعسل تضم أنواعاً أكثر من الأعسال، حيث تقترح اللجنة العالمية للعسل أن يكون هناك استثناء فيما يتعلق بمحتوى السكروز في عسل إكليل الجبل (روزماري). فقد بينت تحاليل 33 عينة من هذا العسل في إسبانيا أن قسماً معتبراً منها يحتوي على نسبة سكروز ظاهري أكثر من5% [165، 166].

قياسات السكريات المختزلة تُظهر فقط الاختلاف بين الأعسال الزهرية وأعسال الندوة العسلية، لكن هذا الاختلاف يمكن أن يُقاس بسهولة أكثر بطرق أخرى مثل قياس الناقلية الكهربائية أو باستخدام الكروماتوغرافيا السائلة العالية الأداء. هناك العديد من الدلائل تدعم التحليل النوعي للسكريات بدلاً عن قياس السكريات المختزلة [167].

بناءً على المعطيات الحديثة فإن قيمة مجموع الفركتوز والجلوكوز بحدود 60غ/100غ للعسل الزهري على الأقل، و45غ/100غ لعسل الندوة العسلية. أما بالنسبة للسكّروز فالأمر مختلف وأكثر تعقيداً. المعيار العام هنا وهو 5غ/100غ يمكن أن يغطي 99% من الحالات مع استثناءات تتعلق بأنواع العسل الوحيدة الزهرة أو عسل الندوة العسلية، ويعتبر مجموع قيمة الفركتوز والجلوكوز قريبة جداً من قيمة كل السكريات المرجعة، ولذلك فإنه يمكن تطبيق نفس المعيار عليها. كما أن قيمة السكروز الحقيقي مشابهة كثيراً لقيمة السكروز الظاهري. الاستثناءات تتعلق بعسل الندوة العسلية حيث يرتفع معيار "السكروز الظاهري" من 5غ/100غ للأعسال الزهرية إلى 15غ/100غ لعسل الندوة العسلية[162، 163] .

إدخال معيار خاص بنوع السكريات له أهمية أيضاً للمراقبة الدورية للعسل. وهكذا تكون نسبة الفركتوز/جلوكوز وتركيز السكروز مؤشرين جيدين للاختلافات بين أنواع العسل الوحيدة الزهرة. كما أن محتوى مختلف السكريات المعقدة مثل الميليزيتوز مؤشر جيد على نسبة عسل الندوة العسلية في العسل المُختبر. كما أن اختبار الطيف الخاص بالسكريات يعطي أيضاً معلومات عن أصالة العسل وغُشّه [162، 163]

محتوى الهيدروكسي ميتيل فورفورال:

هذا المؤشر هو الأكثر دلالة على عمر العسل ومدى تعرضه للحرارة أو غشه بالمحاليل السكرية. العسل الطازج لا يحتوي عملياً على هذه المادة، لكنها تظهر وتزداد مع طول التخزين والتعرض للحرارة أو بغشه بالمحاليل السكرية. تُصنِّف بعض الدول الأوروبية (ألمانيا، بلجيكا، إيطاليا، النمسا، إسبانيا) بعض

عسلها كـ(عالي النوعية) إذا احتوى على الأكثر 15مغ/كغ من هذه المادة. في التجارة العالمية أثبت المعيار 40مغ/كغ كحد أعلى مصداقية مُرضية. وخلال مدة طويلة من المراقبة (الـ10 سنوات الأخيرة) وُجد أن 90% من الأعسال الخام (30 ألف عينة) و 85% من العسل في محلات البيع (2000 عينة) لها قيمة أقل من 30مغ/كغ [168].

لكن مواصفات اللجنة العالمية للعسل اقترحت قيمة 60مغ/كغ كحد أعلى من مادة الهيدروكسي ميثيل فورفورال اعتماداً على الخبرة بأن قيمة هذه المادة تزداد مع التخزين ومراعاةً لظروف المناطق الحارة حيث أن المعيار الأوروبي الأخير الذي يعتمد القيمة 40مغ/كغ ملائم لأوروبا ذات المناخ البارد[168].

<u>المواصفة القياسية السورية رقم (2004/412) الخاصة بـ" عسل النحل المراجعة الأولى :</u>

يجب أن تتحقق في عسل النحل بأشكاله المختلفة وفق هذه المواصفة الشروط العامة التالية:

1. ألا يكون له أي طعم غريب مغاير للطعم الحلو المميز للعسل.
2. أن تكون الأقراص العسلية خالية من بيض النحل ويرقاته وأن تغطى معظم العيون السداسية طبيعياً بالشمع.
3. أن يخلو العسل ضمن أية إضافات غذائية طبيعية أو صنعية.
4. أن يخلو من أي تخمرات و أن لا تظهر الرغوة الناتجة عن التخمر واضحة فيه.
5. ألا يكون قد عولج بالحرارة لدرجة تثبيط فعاليات الأنزيمات الموجودة فيه طبيعياً أو إلى إضعاف نشاطها.
6. يجب ألا تقل فعالية أنظيم الدياستاز فيه عن (8) وحدات (وفق مقياس غوث) وبحيث لا يزيد تركيز الهيدروكسي ميتيل فورفورال HMF في العسل عن 40 ملغ/كغ.
7. يجب أن يكون للعسل المتبلور صفات وخصائص العسل السائل عند تسخينه مدة نصف ساعة لدرجة حرارة تقارب الـ 55 °م.

8. يجب أن يكون خالياً من المواد الغريبة والحشرات وأجزائها عدا المواد المذكورة في البند 2.
9. أن يحرف الضوء المستقطب إلى اليسار.
10. يجب ألا تزيد نسبة الرطوبة فيه عن 21%.
11. يجب ألا تزيد نسبة الرماد الكلي فيه عن 1%، كتلة/كتلة.
12. يجب ألا تزيد نسبة السكروز فيه عن 10%، كتلة/كتلة.
13. يجب ألا تقل نسبة السكاكر المرجعة فيه عن 60%، كتلة/كتلة.
14. يجب ألا تزيد نسبة الحموضة الكلية عن 40 ميلي مكافئ لكل 1000غ.
15. لا يسمح بتعديل حموضة العسل الطبيعية.
16. يجب ألا تزيد نسبة المواد الصلبة غير المنحلة في الماء عن 0.5%، كتلة/كتلة.
17. يجب ألا تقل نسبة العيون السداسية المختومة في الأقراص العسلية عن 10%.
18. يجب ألا تزيد نسبة الغلوكوز عن الفركتوز بأكثر من 5% كحد أقصى.